

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-98963

(P2002-98963A)

(43) 公開日 平成14年4月5日 (2002.4.5)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 F 1/13357
1/1335 5 1 0
5 2 0
1/13363

識別記号

F I

G 0 2 F 1/1335
1/13363

コード (参考)

5 1 0 2 H 0 9 1
5 2 0

1/1335 5 3 0

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全15頁)

(21) 出願番号

特願2000-292610 (P2000-292610)

(22) 出願日

平成12年9月26日 (2000.9.26)

(71) 出願人 000001443

カシオ計算機株式会社

東京都渋谷区本町1丁目6番2号

(72) 発明者 西野 利晴

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(72) 発明者 鈴木 剛

東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外5名)

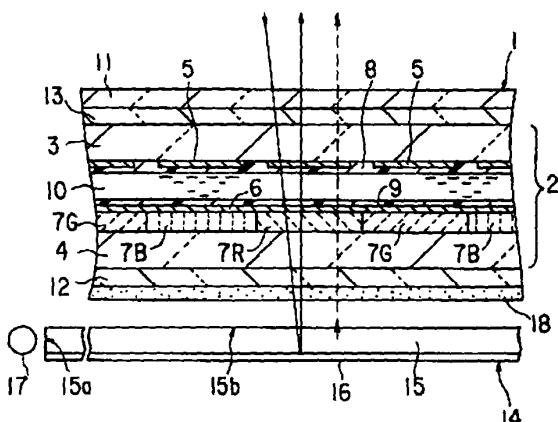
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 外光を利用する反射表示のときの液晶表示素子を透過した光の反射率と、照明光を利用する透過表示のときの前記液晶表示素子への光の入射率をいずれも高くし、反射表示のときも透過表示のときも明るい表示を得ることができる反射／透過型の液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 液晶表示素子1の背後に、入射端面15aと、入射端面15aからの入射光を出射しつつ液晶表示素子1を透過した光を入射させる入出射面15bとを有する導光板15と、その後側に設けられた反射板16と、導光板15の入射端面15aに対向させて設けられた光源17とからなり、表示の観察側である前側から入射し、液晶表示素子1を透過してその後側に出射した外部入射光を導光板15を透過させて反射板16により反射するとともに、光源17からの照明光を導光板15により導いてその入出射面15bから出射するバックライト14を配置した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】対向配置された前後一対の基板の内面にそれぞれ電極が設けられ、これらの基板間に液晶分子が所定のツイスト角でツイスト配向した液晶層が設けられた液晶セルと、前記液晶セルの前面と後面にそれぞれ透過軸を所定の方向に向けて設けられた前側吸收偏光板および後側吸收偏光板とからなる液晶表示素子と、入射端面と、前記入射端面からの入射光を出射しつつ前側からの入射光を入射させる入射面とを有し、前記入射面を前記液晶表示素子の後面に対向させて配置された導光板と、前記導光板の後側に設けられた反射板と、前記導光板の入射端面に対向させて設けられた光源とからなり、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子を透過してその後側に出射した外部入射光を前記導光板を透過させて前記反射板により前記液晶表示素子に向けて反射するとともに、前記光源からの照明光を前記導光板により導いてその入射面から前記液晶表示素子に向けて出射するバックライトとを備えていることを特徴とする表示装置。

【請求項2】液晶表示素子とバックライトの導光板との間に、入射光の互いに直交する2つの偏光成分のうち、一方の偏光成分を反射する反射軸と、他方の偏光成分を透過させる透過軸とをもち、前記透過軸を前記液晶表示素子の後側吸收偏光板の透過軸とほぼ平行にして配置された反射偏光板と、この反射偏光板と前記導光板との間に配置され、透過光の偏光状態を変化させる光学手段とをさらに備え、

前記光学手段は、前記導光板の入射面から出射して前記反射偏光板にその後側から入射した照明光のうち、前記反射偏光板により後側に反射され、この反射偏光板と前記バックライトの反射板との間を往復する照明光を、前記反射偏光板と前記反射板との間を奇数回往復する間に、前記反射偏光板を透過する偏光状態の光に変換して前記反射偏光板に入射させ、前記反射偏光板にその前側から入射してこの反射偏光板を透過し、前記反射偏光板と前記反射板との間を往復する外部入射光を、前記反射偏光板と前記反射板との間を偶数回往復する間に、前記反射偏光板を透過したときの偏光状態の光に戻して前記反射偏光板に入射させる光学フィルムからなることを特徴とする請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】光学フィルムは、透過光の常光と異常光との間に $1/4$ 波長の位相差を与える $\lambda/4$ 位相板からなり、この $\lambda/4$ 位相板が、その遅相軸を反射偏光板の反射軸に対しほぼ 45° の角度で交差させて配置されており、

前記反射偏光板により後側に反射された照明光の偏光状態を、その照明光が前記反射偏光板とバックライトの反射板との間を1回往復する間の前記 $\lambda/4$ 位相板の2回の透過により、偏光の振動面がほぼ 90° 異なる偏光状態の光に変化させ、前記反射偏光板にその前側から入射

してこの反射偏光板を透過した外部入射光の偏光状態を、前記反射偏光板と前記反射板との間を2回往復する間の前記 $\lambda/4$ 位相板の4回の透過により、前記反射偏光板を透過したときの偏光状態の光に戻すことを特徴とする請求項2に記載の液晶表示装置。

【請求項4】光学フィルムは、分子が一方の面から他方の面に向かって捩れて配列した捩れ位相板からなり、この捩れ位相板が、その前面における分子配向方向を前記反射偏光板の反射軸とほぼ平行にして配置されており、前記反射偏光板により後側に反射された照明光の偏光状態を、その照明光が前記反射偏光板とバックライトの反射板との間を1回往復する間の前記捩れ位相板の2回の透過により、偏光の振動面がほぼ 90° 異なる偏光状態の光に変化させ、前記反射偏光板にその前側から入射してこの反射偏光板を透過した外部入射光の偏光状態を、前記反射偏光板と前記反射板との間を2回往復する間の前記捩れ位相板の4回の透過により、前記反射偏光板を透過したときの偏光状態の光に戻すことを特徴とする請求項2に記載の液晶表示装置。

【請求項5】捩れ位相板の分子配列の捩れ角 θ と、リターデーションの値 R_e が、 $\theta = 63^\circ \pm 5^\circ$ 、 $R_e = 195 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ 、 $\theta = 190^\circ \pm 10^\circ$ 、 $R_e = 583 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ 、 $\theta = 318^\circ \pm 15^\circ$ 、 $R_e = 972 \text{ nm} \pm 15 \text{ nm}$ のいずれかに設定されていることを特徴とする請求項4に記載の液晶表示装置。

【請求項6】バックライトの反射板よりも前側で、液晶表示素子の前側吸收偏光板よりも後側の任意の箇所に、拡散層が設けられていることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、外光を利用する反射表示と照明光を利用する透過表示との両方の表示を行なう反射／透過型の液晶表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】液晶表示装置としては、対向配置された前後一対の基板の内面にそれぞれ電極が設けられ、これらの基板間に液晶分子が所定のツイスト角でツイスト配向した液晶層が設けられた液晶セルと、前記液晶セルの前面と後面にそれぞれ透過軸を所定の方向に向けて設けられた前側吸收偏光板および後側吸收偏光板とからなるTN(ツイステッドネマティック)型またはSTN(スーパーツイステッドネマティック)型のものが広く利用されている。

【0003】また、液晶表示装置には、その使用環境の光である外光を利用する反射表示を行なう反射型のものと、後側から照明光を入射させてその照明光を利用する透過表示を行なう透過型のものと、前記反射表示と透過表示との両方の表示を行なう反射／透過型のものとがあ

り、前記反射／透過型の液晶表示装置は、液晶表示素子の背後に、光の反射機能と照明光の出射機能とを有するバックライトを配置した構成となっている。

【0004】前記反射／透過型の液晶表示装置のバックライトは、従来、入射端面と、前記入射端面からの入射光を出射する出射面とを有し、前記出射面を前記液晶表示素子の後面に対向させて配置された導光板と、前記導光板の入射端面に対向させて設けられた光源と、前記導光板の出射面の前側に設けられた半透過反射板とからなっている。

【0005】この反射／透過型液晶表示装置は、充分な明るさの外光が得られる環境下では外光を利用する反射表示を行ない、充分な明るさの外光が得られない環境下で使用されるときに、前記バックライトから照明光を出射させて、その照明光を利用する透過表示を行なうものであり、反射表示のときは、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子を透過してその後側に出射した光が、前記半透過反射板により反射され、その反射光が前記液晶表示素子を透過して前側に出射する。

【0006】また、透過表示のときは、前記光源から出射した照明光が前記導光板にその入射端面から入射し、この導光板内を導かれてその出射面から出射する。そして前記導光板の出射面から出射した光は、前記半透過反射板を透過して前記液晶表示素子にその後側から入射し、この液晶表示素子を透過して前側に出射する。

【0007】この反射／透過型液晶表示装置は、充分な明るさの外光が得られない環境下でも使用することができ、また、前記バックライトから照明光を出射させるのは充分な明るさの外光が得られない環境下で使用するときだけよいため、常に照明光を利用して表示する透過型液晶表示装置に比べて消費電力が少ない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の反射／透過型液晶表示装置は、そのバックライトが上記のような構成であるため、外光を利用する反射表示のときは、前側から入射し、液晶表示素子を透過してその後側に出射した光のうち、前記半透過反射板の反射率に応じた量の光が反射され、他の光は前記半透過反射板を透過するか、あるいは前記半透過反射板により吸収されて無駄になる。

【0009】また、照明光を利用する透過表示のときは、前記光源から出射し、前記導光板の出射面から出射した光のうち、前記半透過反射板の透過率に応じた量の光が前記半透過反射板を透過して前記液晶表示素子に入射し、他の光は前記半透過反射板により後側に反射されるか、あるいは前記半透過反射板により吸収されて無駄になる。

【0010】そのため、従来の反射／透過型液晶表示装置は、外光を利用する反射表示のときの液晶表示素子を透過した光の反射率と、照明光を利用する透過表示のと

きの前記液晶表示素子への光の入射率がいずれも悪く、明るい表示が得られない。

【0011】なお、照明光を利用する透過表示のときの表示の明るさは、バックライトから出射させる照明光の輝度を高くすることにより補うことができるが、バックライトから高輝度の照明光を出射させるようにしたのでは、消費電力が増大してしまう。

【0012】この発明は、外光を利用する反射表示のときの液晶表示素子を透過した光の反射率と、照明光を利用する透過表示のときの前記液晶表示素子への光の入射率をいずれも高くし、反射表示のときも透過表示のときも明るい表示を得ることができる反射／透過型の液晶表示装置を提供することを目的としたものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】この発明の液晶表示装置は、対向配置された前後一対の基板の内面にそれぞれ電極が設けられ、これらの基板間に液晶分子が所定のツイスト角でツイスト配向した液晶層が設けられた液晶セルと、前記液晶セルの前面と後面にそれぞれ透過軸を所定の方向に向けて設けられた前側吸収偏光板および後側吸収偏光板とからなる液晶表示素子と、入射端面と、前記入射端面からの入射光を出射しかつ前側からの入射光を入射させる入射面とを有し、前記入射面を前記液晶表示素子の後面に対向させて配置された導光板と、前記導光板の後側に設けられた反射板と、前記導光板の入射端面に対向させて設けられた光源とからなり、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子を透過してその後側に出射した外部入射光を前記導光板を透過させて前記反射板により前記液晶表示素子に向けて反射するとともに、前記光源からの照明光を前記導光板により導いてその入射面から前記液晶表示素子に向けて出射するバックライトとを備えていることを特徴とするものである。

【0014】この液晶表示装置は、液晶表示素子の背後に上記のような構成のバックライトを配置したものであるため、外光を利用する反射表示のときに、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子を透過してその後側に出射した外部入射光のほとんどを前記反射板により反射し、また、照明光を利用する透過表示のときに、前記光源から出射し、前記導光板の入射面から出射した照明光のほとんどを前記液晶表示素子に入射させることができる。

【0015】したがって、この液晶表示装置によれば、外光を利用する反射表示のときの液晶表示素子を透過した光の反射率と、照明光を利用する透過表示のときの前記液晶表示素子への光の入射率をいずれも高くし、反射表示のときも透過表示のときも明るい表示を得ることができる。

【0016】

【発明の実施の形態】この発明の液晶表示装置は、上記

のように、液晶表示素子の背後に、入射端面と、前記入射端面からの入射光を出射しかつ前記液晶表示素子を透過した光を入出射させる入出射面とを有し、前記液晶表示素子の背後に配置された導光板と、前記導光板の後側に設けられた反射板と、前記導光板の入射端面に対向させて設けられた光源とからなり、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子を透過してその後側に反射した外部入射光を前記導光板を透過させて前記反射板により前記液晶表示素子に向けて反射するとともに、前記光源からの照明光を前記導光板により導いてその入出射面から前記液晶表示素子に向けて出射するバックライトを配置することにより、外光を利用する反射表示のときの液晶表示素子を透過した光の反射率と、照明光を利用する透過表示のときの前記液晶表示素子への光の入射率をいずれも高くし、反射表示のときも透過表示のときも明るい表示を得ることができるようにしたものである。

【0017】この発明の液晶表示装置は、前記液晶表示素子と前記バックライトの導光板との間に、入射光の互いに直交する2つの偏光成分のうち、一方の偏光成分を反射する反射軸と、他方の偏光成分を透過させる透過軸とをもち、前記透過軸を前記液晶表示素子の後側吸收偏光板の透過軸とほぼ平行にして配置された反射偏光板と、この反射偏光板と前記導光板との間に配置され、透過光の偏光状態を変化させる光学手段とをさらに備え、前記光学手段が、前記導光板の入出射面から出射して前記反射偏光板にその後側から入射した照明光のうち、前記反射偏光板により後側に反射され、この反射偏光板と前記バックライトの反射板との間を往復する照明光を、前記反射偏光板と前記反射板との間を奇数回往復する間に、前記反射偏光板を透過する偏光状態の光に変換して前記反射偏光板に入射させ、前記反射偏光板にその前側から入射してこの反射偏光板を透過し、前記反射偏光板と前記反射板との間を往復する外部入射光を、前記反射偏光板と前記反射板との間を偶数回往復する間に、前記反射偏光板を透過したときの偏光状態の光に戻して前記反射偏光板に入射させる光学フィルムからなっている構成のものが好ましい。

【0018】その場合、前記光学フィルムは、透過光の常光と異常光との間に1/4波長の位相差を与える $\lambda/4$ 位相板、あるいは、分子が一方の面から他方の面に向かって揺れて配列した揺れ位相板が好ましい。

【0019】前記光学フィルムを前記 $\lambda/4$ 位相板とする場合は、この $\lambda/4$ 位相板を、その遅相軸を反射偏光板の反射軸に対しほぼ45°の角度で交差させて配置し、前記反射偏光板により後側に反射された照明光の偏光状態を、その照明光が前記反射偏光板とバックライトの反射板との間を1回往復する間の前記 $\lambda/4$ 位相板の2回の透過により、偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光に変化させ、前記反射偏光板にその前側から

入射してこの反射偏光板を透過した外部入射光の偏光状態を、前記反射偏光板と前記反射板との間を2回往復する間の前記 $\lambda/4$ 位相板の4回の透過により、前記反射偏光板を透過したときの偏光状態の光に戻すようにすればよい。

【0020】また、前記光学フィルムを前記揺れ位相板とする場合は、この揺れ位相板を、その前面における分子配向方向を前記反射偏光板の反射軸とほぼ平行にして配置し、前記反射偏光板により後側に反射された照明光の偏光状態を、その照明光が前記反射偏光板とバックライトの反射板との間を1回往復する間の前記揺れ位相板の2回の透過により、偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光に変化させ、前記反射偏光板にその前側から入射してこの反射偏光板を透過した外部入射光の偏光状態を、前記反射偏光板と前記反射板との間を2回往復する間の前記揺れ位相板の4回の透過により、前記反射偏光板を透過したときの偏光状態の光に戻すようにすればよい。

【0021】前記揺れ位相板は、その分子配列の揺れ角 θ と、リターデーションの値 R_e が、 $\theta = 63^\circ \pm 5^\circ$ 、 $R_e = 195 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ 、 $\theta = 190^\circ \pm 10^\circ$ 、 $R_e = 583 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ 、 $\theta = 318^\circ \pm 15^\circ$ 、 $R_e = 972 \text{ nm} \pm 15 \text{ nm}$ のいずれかに設定されているものが好ましい。

【0022】また、この発明の液晶表示装置においては、前記バックライトの反射板よりも前側で、前記液晶表示素子の前側吸收偏光板よりも後側の任意の箇所に、拡散層を設けるのが好ましい。

【0023】

【実施例】図1はこの発明の第1の実施例を示す液晶表示装置の一部分の断面図であり、この液晶表示装置は、液晶表示素子1と、前記液晶表示素子1の背後に配置された、光の反射機能と照明光の出射機能とを有するバックライト14とを備えている。

【0024】前記液晶表示素子1は、STN型のものであり、対向配置された前後一対の透明基板3、4との内面にそれぞれ透明電極5、6が設けられ、これらの基板3、4間に液晶分子が所定のツイスト角でツイスト配向した液晶層10が設けられた液晶セル2と、前記液晶セル2の前面と後面にそれぞれ透過軸を所定の方向に向けて設けられた前側吸收偏光板11および後側吸收偏光板12とからなっている。

【0025】なお、この液晶表示素子1は単純マトリックス型のものであり、前記液晶セル2の一方の基板、例えば前側基板3の内面に設けられた電極5は、行方向(図1において紙面に垂直な方向)に沿わせて互いに平行に形成された複数の走査電極、他方の基板である後側基板4の内面に設けられた電極6は、列方向(図1において紙面に平行な方向)に沿わせて互いに平行に形成された複数の信号電極である。

【0026】また、この液晶表示素子1は、フルカラー画像等の多色カラー画像を表示するものであり、前記液晶セル2のいずれか一方の基板、例えば後側基板4の内面に、前記複数本の走査電極5と信号電極6とが互いに対向する複数の画素領域にそれぞれ対応させて、複数の色、例えば赤、緑、青のカラーフィルタ7R、7G、7Bが設けられている。なお、前記カラーフィルタ7R、7G、7Bは基板4上に形成されており、その上に前記信号電極6が形成されている。

【0027】さらに、前記一対の基板3、4の内面にはそれぞれ前記電極5、6を覆って配向膜8、9が設けられており、これらの配向膜8、9は、その膜面を所定方向にラビングすることにより配向処理されている。

【0028】そして、前記一対の基板3、4は、その周縁部において図示しない枠状のシール材を介して接合されており、これらの基板3、4間の前記シール材で囲まれた領域に液晶層10が設けられている。

【0029】この液晶層10の液晶分子は、前記配向膜8、9によりそれぞれの基板3、4の近傍における配向方向を規制され、両基板3、4間において180～270°の範囲の所定のツイスト角でツイスト配向している。

【0030】なお、この実施例では、前記液晶層10の液晶分子のツイスト角を約250°±10°とするとともに、液晶表示素子1の $\Delta n d$ （液晶の屈折率異方性 Δn と液晶層厚dとの積）の値を、900nm±100nmの範囲に設定している。

【0031】また、この液晶表示素子1は、その表示の帶色の補償とコントラストの向上および広視野角化のための光学補償板13を備えており、この光学補償板13は、前記液晶セル2の一対の基板3、4のいずれか一方とその基板側の吸收偏光板との間、例えば前側基板3と前側吸收偏光板11との間に設けられている。

【0032】前記光学補償板13は、分子が一方の面から他方の面に向かって前記液晶セル2の液晶分子のツイスト方向とは逆方向に捩れて配列した高分子液晶フィルムからなる捩れ位相板であり、この実施例では、分子配列の捩れ角が220°±10°、リタデーションの値（位相値）が610nm±20nmのものを用いている。

【0033】図2は、前記液晶表示素子1の液晶セル2の液晶分子の配向状態と前後の吸收偏光板11、12の透過軸方向および光学補償板13の分子配列状態を示している。

【0034】図2のように、前記液晶セル2の前側基板3の近傍における液晶分子配向方向（配向膜8の配向処理方向）3aは、画面の横軸xに対し、前側から見て右回りに35°±5°の方向、後側基板3の近傍における液晶分子配向方向（配向膜9の配向処理方向）4aは、前記横軸xに対し、前側から見て左回りに35°±5°

の方向にあり、前記液晶層10の液晶分子は、そのツイスト方向を図に破線矢印で示したように、後側基板4から前側基板3に向かい、前側から見て右回りに250°±10°のツイスト角でツイスト配向している。

【0035】そして、前側吸收偏光板11は、その透過軸11aを、前記横軸xに対し、前側から見て左回りに45°±10°の方向、つまり、前記液晶セル2の前側基板3の近傍における液晶分子配向方向3aに対して前側から見て左回りにほぼ90°ずらした方向に向けて配置され、後側吸收偏光板12は、その透過軸12aを、前記横軸xに対し、前側から見て左回りに80°±10°の方向に向けて配置されている。

【0036】すなわち、前側吸收偏光板11の透過軸11aは、前記液晶セル2の前側基板3の近傍における液晶分子配向方向3aに対し、前側から見て左回りにほぼ80°（80°±15°）ずれており、後側吸收偏光板12の透過軸12aは、前記前側吸收偏光板11の透過軸11aに対し、前側から見て左回りにほぼ35°（35°±15°）ずれている。

【0037】また、前記光学補償板13は、その分子が、図に破線矢印で示したように、後面から前面に向かい、前側から見て左回り（液晶セル2の液晶分子のツイスト方向とは逆方向）に、220°±10°の捩れ角で捩れて配列した捩れ位相板であり、この光学補償板13は、その前面における分子配列方向13aを、前記横軸xに対し、前側から見て右回りに90°±5°の方向に向け、後面における分子配列方向13bを、前記横軸xに対し、前側から見て左回りに55°±5°の方向に向けて配置されている。

【0038】すなわち、この光学補償板13は、その後面（液晶セル2に対向する面）における分子配列方向13bを、前記液晶セル2の前側基板3の近傍における液晶分子配向方向3aに対し、前側から見て左回りにほぼ85°（85°±5°）ずらし、前面（前側吸收偏光板11に対向する面）における分子配列方向12aを、前記前側吸收偏光板11の透過軸11aに対し、前側から見て左回りにほぼ45°（45°±15°）ずらして配置されている。

【0039】次に、前記液晶表示素子1の背後に配置されたバックライト14について説明すると、このバックライト14は、図1に示したように、入射端面15aと、前記入射端面15aからの入射光を射出しかつ前側からの入射光を入射させる入射端面15bとを有し、前記入射端面15bを前記液晶表示素子1の後面に対向させて配置された導光板15と、前記導光板15の後側に設けられた反射板16と、前記導光板15の入射端面15aに對向させて設けられた光源17とからなっている。

【0040】前記導光板15は、アクリル樹脂等からなる透明板であり、その一端面が前記入射端面15aとさ

れ、前面全体が前記入出射面15bとされている。

【0041】また、前記反射板16は、銀等の高反射率の金属膜からなっており、この反射板16は、前記導光板15の後面に蒸着またはメッキされるか、あるいは前記導光板15の後面に貼付けられている。

【0042】さらに、前記光源17は、例えばLED(発光ダイオード)アレイからなっており、前記導光板15の入射端面15aの側方に、前記入射端面15aの全長に対向させて配置されている。

【0043】このバックライト14は、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子1を透過してその後側に出射した外部入射光(外光の入射光)を前記導光板15を透過させて前記反射板16により前記液晶表示素子1に向けて反射するとともに、前記光源17からの照明光を前記導光板15により導いてその前面の入出射面15bから前記液晶表示素子1に向けて出射する。

【0044】また、この液晶表示装置は、透過光を拡散させるための拡散層18を備えており、この拡散層18は、前記液晶表示素子1と前記バックライト14の導光板15との間に設けられている。この拡散層18は、例えば散乱フィラーを分散させた樹脂フィルムからなっており、前記液晶表示素子1の後側基板4の外面に貼付けられている。

【0045】この液晶表示装置は、充分な明るさの外光が得られる環境下では、液晶表示装置の使用環境の光である外光を利用する反射表示を行ない、充分な明るさの外光が得られない環境下で使用されるときに、前記バックライト14から照明光を出射させて、その照明光を利用する透過表示を行なうものであり、反射表示のときは、表示の観察側である前側から入射した光(外光)が図1に実線で示した透過経路で前側に出射し、透過表示のときは、バックライト14からの照明光が図1に破線で示した透過経路で前側に出射する。なお、反射表示のときも透過表示のときも、透過光が拡散層18により拡散されるが、図では便宜上、光の透過経路を簡略化して示している。

【0046】すなわち、外光を利用する反射表示のときは、表示の観察側である前側から入射した外部入射光が、液晶表示素子1の前側吸收偏光板11によりその吸収軸(図示せず)に沿った偏光成分の光を吸収されて前記前側吸收偏光板11の透過軸11aに沿った直線偏光となり、光学補償板13を透過して液晶セル2に入射する。

【0047】前記液晶セル2に入射した外部入射光は、この液晶セル2を透過する過程で各画素領域の電極5、6間に印加される電界により変化する液晶分子の配向状態に応じた複屈折作用を受ける。

【0048】そして、前記液晶セル2を透過した外部入射光は、後側吸收偏光板12に入射し、その光のうち、前記後側吸收偏光板12の吸収軸(図示せず)に沿った偏光成分の光を吸収され、その画素領域の表示が暗表示になる。

偏光成分の光を吸収され、その画素領域の表示が暗表示になる。

【0049】また、前記後側吸收偏光板12の透過軸12aに沿った偏光成分の外部入射光は、この後側吸收偏光板12を透過してその後側に出射し、拡散層18により拡散されてバックライト14に入射の導光板15にその前面の入出射面15bから入射する。

【0050】前記導光板15にその前面の入出射面15bから入射した外部入射光は、この導光板15を厚さ方向に透過してその後側の反射板16により反射され、前記導光板15を再び厚さ方向に透過してその前面の入出射面15bから出射する。

【0051】このとき、前記反射板16は、銀等の高反射率の金属膜からなっているため、前記液晶表示素子1を透過してその後側に出射した外部入射光のほとんどが高い反射率で反射される。

【0052】そして、前記導光板15の入出射面15bから出射した外部入射光は、前記拡散層18により拡散されて前記液晶表示素子1にその後側から入射し、その光が、後側吸收偏光板12と液晶セル2と光学補償板13と前側吸收偏光板11とを順に透過して前記液晶表示素子1の前側に出射し、その画素領域の表示が明表示になる。

【0053】また、照明光を利用する透過表示のときは、前記バックライト14の光源17から出射した照明光が、前記導光板15にその入射端面15aから入射し、この導光板15の前面の入出射面15bと外気(空気)との界面での全反射と、導光板15の後面での反射板16による反射とにより屈折を繰り返しながら導光板15内を導かれ、前記入出射面15bのほぼ全域から出射する。

【0054】前記導光板15の入出射面15bから出射した照明光は、拡散層18により拡散されて液晶表示素子1にその後側から入射し、その後側吸收偏光板12によりその吸収軸(図示せず)に沿った偏光成分の光を吸収され、前記後側吸收偏光板12の透過軸12aに沿った直線偏光となって液晶セル2に入射する。

【0055】前記液晶セル2に入射した照明光は、この液晶セル2を透過する過程で各画素領域の電極5、6間に印加される電界により変化する液晶分子の配向状態に応じた複屈折作用を受ける。

【0056】そして、前記液晶セル2を透過した照明光は、光学補償板13を透過して前側吸收偏光板11に入射し、その光のうち、前記前側吸收偏光板11の吸収軸に沿った偏光成分の光がこの吸収偏光板11により吸収されてその画素領域の表示が暗表示になり、前記前側吸收偏光板11の透過軸11aに沿った偏光成分の光がこの偏光板11を透過して前側に出射し、その画素領域の表示が明表示になる。

【0057】なお、前記液晶表示素子1は、液晶セル2

の一方の基板（後側基板）4の内面に、複数の画素領域にそれぞれ対応させて、赤、緑、青のカラーフィルタ7R, 7G, 7Bを設けたものであるため、外光を利用する反射表示のときも、照明光を利用する透過表示のときも、明表示の画素領域から出射する光は、その画素領域に対応するカラーフィルタ7R, 7G, 7Bの色に着色した光であり、各画素領域から出射する赤、緑、青の着色光により、フルカラー等の多色カラー画像が表示される。

【0058】上記のように、この液晶表示装置は、液晶表示素子1の背後に、入射端面15aと、前記入射端面15aからの入射光を出射しかつ前記液晶表示素子1を透過した光を入出射させる入射端面15bとを有し、前記液晶表示素子1の背後に配置された導光板15と、前記導光板15の後側に設けられた反射板16と、前記導光板15の入射端面15aに対向させて設けられた光源17とからなり、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子1を透過してその後側に出射した外部入射光を前記導光板15を透過させて前記反射板16により前記液晶表示素子1に向けて反射するとともに、前記光源17からの照明光を前記導光板15により導いてその入射端面15bから前記液晶表示素子1に向けて出射するバックライト14を配置したものであるため、外光を利用する反射表示のときに、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子1を透過してその後側に出射した外部入射光のほとんどを前記反射板17により反射し、また、照明光を利用する透過表示のときに、前記光源17から出射し、前記導光板15の入射端面15aから出射した照明光のほとんどを前記液晶表示素子1に入射させることができる。

【0059】したがって、この液晶表示装置によれば、外光を利用する反射表示のときの液晶表示素子1を透過した光の反射率と、照明光を利用する透過表示のときの前記液晶表示素子1への光の入射率をいずれも高くし、反射表示のときも透過表示のときも明るい表示を得ることができる。

【0060】しかも、上記実施例では、前記液晶表示素子1と前記バックライト14の導光板15との間に拡散層18を設けているため、外光を利用する反射表示のときも、バックライトからの照明光を利用する透過表示のときも、前記拡散層18により拡散された均一な輝度分布の光を前側に出射し、輝度むらの無い良好な表示を得ることができる。

【0061】図3および図4はこの発明の第2の実施例を示しており、図3は、液晶表示装置の一部分の断面図、図4は、液晶表示素子1の液晶セル2の液晶分子の配向状態と前後の吸収偏光板11, 12の透過軸方向および振れ位差板13の分子配列状態と、液晶表示素子1とバックライト14の導光板15との間に配置された反射偏光板19およびλ/4位相板21の軸方向を示す図

である。

【0062】この実施例の液晶表示装置は、上記第1の実施例の液晶表示装置の液晶表示素子1とバックライト14の導光板15との間に、反射偏光板19と、透過光の偏光状態を変化させる光学手段20とをさらに配置したものであり、この実施例においても、前記液晶表示素子1の後側基板4の外面に拡散層18を設けている。

【0063】なお、前記液晶表示素子1とバックライト14は、第1の実施例と同じものであり、また、前記液晶表示素子1の液晶セル2の液晶分子の配向状態と前後の吸収偏光板11, 12の透過軸方向および振れ位差板13の分子配列状態も第1の実施例と同じである。

【0064】前記反射偏光板19は、ポリエチレン・ナフタレート共重合体等からなる等方性薄膜（光学的に等方性の薄膜）と異方性薄膜（光学的に異方性の薄膜）とを、多数層、全ての異方性薄膜の屈折率が最大となる方向を同じにして交互に積層した多層フィルムからなっており、入射光の互いに直交する2つの偏光成分のうち、一方の偏光成分を反射する反射軸19sと、他方の偏光成分を透過させる透過軸19pとをもっている。

【0065】すなわち、この反射偏光板19は、前記異方性薄膜の屈折率が前記等方性薄膜の屈折率と異なる方向に反射軸19sをもち、前記異方性薄膜の屈折率が前記等方性薄膜の屈折率と同じである方向（反射軸19sに対して直交する方向）に透過軸19pをもっており、入射光の互いに直交する2つの偏光成分のうち、前記反射軸19sに沿った振動面を有する偏光成分の光を、多数枚交互に積層された等方性薄膜と異方性薄膜とのそれぞれの界面で反射し、前記透過軸19pに沿った振動面を有する偏光成分の光を、前記界面で反射することなく透過させる。

【0066】なお、この反射偏光板19は、その前側からの入射光に対しても、後側からの入射光に対しても同じ特性を示し、入射光が含む互いに直交する2つの偏光成分のうち、前記反射軸19sに沿った一方の偏光成分の光を反射し、前記透過軸19pに沿った他方の偏光成分の光を透過させる。

【0067】この反射偏光板19は、前記液晶表示素子1とバックライト14の導光板15との間に、その透過軸19pを前記液晶表示素子1の後側吸収偏光板12の透過軸12aとほぼ平行にして配置されている。

【0068】すなわち、前記反射偏光板19は、図4に示したように、その反射軸19pを、画面の横軸xに対し、前側から見て右回りに10°±10°の方向に向か、透過軸19pを、前記横軸xに対し、前側から見て左回りに80°±10°の方向に向けて配置されている。

【0069】また、前記光学手段20は、前記反射偏光板19と前記導光板15との間に配置されている。

【0070】この光学手段20は、前記導光板15の入

出射面15bから出射して前記反射偏光板19にその後側から入射した照明光のうち、前記反射偏光板19により後側に反射され、この反射偏光板19と前記バックライト14の反射板16との間を往復する照明光を、前記反射偏光板19と前記反射板16との間を奇数回往復する間に、前記反射偏光板19を透過する偏光状態の光に変換して前記反射偏光板19に入射させ、前記反射偏光板19にその前側から入射してこの反射偏光板19を透過し、前記反射偏光板19と前記反射板16との間を往復する外部入射光を、前記反射偏光板19と前記反射板16との間を偶数回往復する間に、前記反射偏光板19を透過したときの偏光状態の光に戻して前記反射偏光板19に入射させる光学フィルムからなっている。

【0071】この実施例で用いた光学フィルムは、透過光の常光と異常光との間に $1/4$ 波長の位相差を与える $\lambda/4$ 位相板21であり、この $\lambda/4$ 位相板21は、その遅相軸21aを前記反射偏光板19の反射軸19sに對しほぼ 45° の角度で交差させて配置されている。

【0072】すなわち、前記 $\lambda/4$ 位相板21は、図4に示したように、その遅相軸21aを、画面の横軸xに對し、前側から見て左回りに $125^\circ \pm 10^\circ$ の方向に向けて配置されている。

【0073】この $\lambda/4$ 位相板21は、バックライト14の導光板15の出射面15bから出射して前記反射偏光板19により後側に反射された照明光の偏光状態を、その照明光が前記反射偏光板19とバックライト14の反射板16との間を1回往復する間の前記 $\lambda/4$ 位相板21の2回の透過により、偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光に変化させ、前記反射偏光板19にその前側から入射してこの反射偏光板19を透過した外部入射光の偏光状態を、前記反射偏光板19と前記反射板16との間を2回往復する間の前記 $\lambda/4$ 位相板21の4回の透過により、前記反射偏光板19を透過したときの偏光状態の光に戻す。

【0074】この液晶表示装置の光の透過経路を説明すると、外光を利用する反射表示のときは、表示の観察側である前側から入射し、液晶表示素子1の前側吸收偏光板11と光学補償板13と液晶セル2とを透過して後側吸收偏光板12に入射した外部入射光のうち、前記後側吸收偏光板12の吸收軸(図示せず)に沿った偏光成分の光が、上記第1の実施例と同様に前記後側吸收偏光板12により吸収され、その画素領域の表示が暗表示になる。

【0075】一方、前記後側吸收偏光板12の透過軸12aに沿った偏光成分の外部入射光は、その透過経路を図3に実線で示したように、前記後側吸收偏光板12を透過してその後側に出射し、拡散層18により拡散され、透過軸19pを前記後側吸收偏光板12の透過軸12aとほぼ平行にして配置された反射偏光板19を透過して $\lambda/4$ 位相板21に入射する。

【0076】前記 $\lambda/4$ 位相板21に入射した外部入射光(反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の直線偏光)は、この $\lambda/4$ 位相板21により常光と異常光との間に $1/4$ 波長の位相差を与えられ、円偏光となって $\lambda/4$ 位相板21の後側に出射する。

【0077】前記 $\lambda/4$ 位相板21の後側に出射した外部入射光(円偏光)は、バックライト14の反射板16により反射されて前記 $\lambda/4$ 位相板21を再び透過し、前記反射偏光板19を透過して前記 $\lambda/4$ 位相板21にその前側から入射した外部入射光(反射偏光板19の透過軸19pに沿った直線偏光)に対して偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光、つまり前記反射偏光板19の反射軸19sに沿った直線偏光に変化して前記反射偏光板19にその後側から入射する。

【0078】そのため、このときは、前記バックライト14の反射板16により反射され、 $\lambda/4$ 位相板21を再び透過して前記反射偏光板19にその後側から入射した外部入射光は、前記反射偏光板19により後側に反射される。

【0079】この反射偏光板19により後側に反射された外部入射光(反射偏光板19の反射軸19pに沿った直線偏光)は、前記 $\lambda/4$ 位相板21を透過して再び円偏光となり、再びバックライト14の反射板16により反射される。

【0080】前記反射板16により再反射された外部入射光(円偏光)は、前記 $\lambda/4$ 位相板21を再び透過し、前記反射偏光板19により反射されて前記 $\lambda/4$ 位相板21にその前側から入射した外部入射光(反射偏光板19の反射軸19pに沿った直線偏光)に対して偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光、つまり前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った直線偏光に変化して前記反射偏光板19にその後側から入射し、この反射偏光板19を透過してその前側に出射する。

【0081】前記反射偏光板19を透過してその前側に出射した外部入射光は、拡散層18により拡散されて前記液晶表示素子1にその後側から入射し、その光が、後側吸收偏光板12と液晶セル2と光学補償板13と前側吸收偏光板11とを順に透過して前記液晶表示素子1の前側に出射し、その画素領域の表示が明表示になる。

【0082】すなわち、外光を利用する反射表示のときは、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子1を透過してその後側に出射した外部入射光が、前記反射偏光板19を透過してこの反射偏光板19とバックライト14の反射板16との間を2回往復し、その間に前記 $\lambda/4$ 位相板21の4回の透過により前記反射偏光板19を透過したときの偏光状態の光に戻り、その光が前記反射偏光板19を透過して前記液晶表示素子1にその後側から入射し、この液晶表示素子1を透過して前側に出射する。

【0083】そして、この実施例では、前記反射偏光板

19を、その透過軸19pを前記液晶表示素子1の後側吸収偏光板12の透過軸12aをほぼ平行にして配置しているため、前記液晶表示素子1を透過してその後側に出射した外部入射光（後側吸収偏光板12の透過軸12aに沿った偏光成分の直線偏光）を、ほとんどロスすることなく前記反射偏光板19を透過させてその後側に出射させるとともに、前記反射偏光板19とバックライト14の反射板16との間を2回往復し、前記反射偏光板19を透過して前記液晶表示素子1にその後側から入射する外部入射光も、ほとんどロスすることなく前記後側吸収偏光板12を透過させて液晶セル2に入射させることができる。

【0084】そのため、この実施例の液晶表示装置は、液晶表示素子1とバックライト14の導光板15との間に前記反射偏光板19と $\lambda/4$ 位相板21を配置したものであるが、反射表示のときの画面の明るさを、上述した第1の実施例の液晶表示装置とほとんど変わらない明るさにすることができます。

【0085】また、照明光を利用する透過表示のときは、前記バックライト14の導光板15の入出射面15bから出射した照明光が、前記 $\lambda/4$ 位相板21を透過して前記反射偏光板19にその後側から入射する。なお、前記導光板15の入出射面15bから出射する照明光は非偏光の光であり、前記 $\lambda/4$ 位相板21を透過してもその偏光状態は変わらない。

【0086】そして、前記反射偏光板19にその後側から入射した照明光のうち、前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の光は、この反射偏光板19を透過してその後側に出射する。

【0087】一方、前記反射偏光板19の反射軸19sに沿った偏光成分の光は、その透過経路を図3に破線で示したように、前記反射偏光板19により後側に反射され、 $\lambda/4$ 位相板21に入射する。

【0088】前記 $\lambda/4$ 位相板21に入射した照明光（反射偏光板19の反射軸19sに沿った偏光成分の直線偏光）は、この $\lambda/4$ 位相板21により常光と異常光との間に $1/4$ 波長の位相差を与えられ、円偏光となって $\lambda/4$ 位相板21の後側に出射する。

【0089】前記 $\lambda/4$ 位相板21の後側に出射した照明光（円偏光）は、バックライト14の反射板16により反射されて前記 $\lambda/4$ 位相板21を再び透過し、前記反射偏光板19を透過して前記 $\lambda/4$ 位相板21にその後側から入射した照明光（反射偏光板19の反射軸19sに沿った直線偏光）に対して偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光、つまり前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った直線偏光に変化して前記反射偏光板19にその後側から入射し、この反射偏光板19を透過してその後側に出射する。

【0090】すなわち、照明光を利用する透過表示のときは、バックライト14の導光板15の入出射面15b

から出射した照明光のうち、前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の光が、この反射偏光板19を透過してその後側に反射するとともに、前記反射偏光板19の反射軸19sに沿った偏光成分の光が、この反射偏光板19により後側に反射されてこの反射偏光板19と前記バックライト14の反射板16との間を1回往復し、その間に前記 $\lambda/4$ 位相板21の2回の透過により偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光に変化して前記反射偏光板19にその後側から入射し、この反射偏光板19を透過してその後側に出射する。

【0091】そのため、前記バックライト14の導光板15の入出射面15bから出射した照明光のほとんどが、前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の直線偏光として前記反射偏光板19の前側に出射する。

【0092】前記反射偏光板19の前側に出射した照明光は、拡散層18により拡散されて液晶表示素子1にその後側から入射し、その後側吸収偏光板12によりその後側吸収偏光板12の透過軸12aに沿った直線偏光となって液晶セル2に入射する。

【0093】このときも、前記反射偏光板19の透過軸19pと前記液晶表示素子1の後側吸収偏光板12の透過軸12aとがほぼ平行であるため、前記反射偏光板19を透過して前記液晶表示素子1にその後側から入射した照明光のほとんどを、ロスすることなく前記後側吸収偏光板12を透過させて液晶セル2に入射させることができる。

【0094】そして、前記液晶セル2に入射した照明光は、この液晶セル2を透過し、さらに光学補償板13を透過して前側吸収偏光板11に入射し、その光のうち、前記前側吸収偏光板11の吸収軸に沿った偏光成分の光がこの吸収偏光板11により吸収されてその画素領域の表示が暗表示になり、前記前側吸収偏光板11の透過軸11aに沿った偏光成分の光がこの偏光板11を透過して前側に出射し、その画素領域の表示が明表示になる。

【0095】この実施例の液晶表示装置によれば、照明光を利用する透過表示のときに、前記バックライト14の導光板15の入出射面15bから出射した照明光のほとんどが、前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の直線偏光となって前記反射偏光板19の前側に出射し、その照明光をほとんどロスすることなく液晶表示素子1の後側吸収偏光板12を透過させて液晶セル2に入射するため、照明光の利用効率が100%に近く、したがって、上記第1の実施例の液晶表示装置に比べ、前記バックライト14から出射させる照明光の輝度をあまり高くしなくても充分な明るさの画面を得ることができるとともに、上述したように、反射表示のときの画面の明るさを、第1の実施例の液晶表示装置とほとんど変わらない明るさにすることができます。

【0096】図5および図6はこの発明の第3の実施例を示しており、図5は、液晶表示装置の一部分の断面図、図6は、液晶表示素子1の液晶セル2の液晶分子の配向状態と前後の吸収偏光板11、12の透過軸方向および捩れ位差板13の分子配列状態と、液晶表示素子1とバックライト14の導光板15との間に配置された反射偏光板19および捩れ位差板22の軸方向を示す図である。

【0097】この実施例の液晶表示装置は、上記第1の実施例の液晶表示装置の液晶表示素子1とバックライト14の導光板15との間に、反射偏光板19を配置するとともに、この反射偏光板19と前記導光板15との間に、透過光の偏光状態を変化させる光学手段20として、捩れ位差板22を配置したものであり、この実施例においても、前記液晶表示素子1の後側基板4の外面に拡散層18を設けている。

【0098】なお、前記液晶表示素子1とバックライト14は、第1の実施例と同じものであり、また、前記液晶表示素子1の液晶セル2の液晶分子の配向状態と前後の吸収偏光板11、12の透過軸方向および捩れ位差板13の分子配列状態も第1の実施例と同じである。

【0099】また、前記反射偏光板19は、上記第2の実施例と同じものであり、この反射偏光板19は、前記液晶表示素子1とバックライト14の導光板15との間に、その透過軸19pを前記液晶表示素子1の後側吸収偏光板12の透過軸12aとほぼ平行にして配置されている。

【0100】前記反射偏光板19とバックライト14の導光板15との間に配置された捩れ位差板22は、分子が一方の面から他方の面に向かって捩れて配列した高分子液晶フィルムからなっている。

【0101】この実施例で用いた捩れ位差板22は、分子配列の捩れ角θと、リタデーションの値Reとを、 $\theta = 6.3^\circ \pm 5^\circ$ 、 $Re = 195\text{nm} \pm 5\text{nm}$ に設定したものであり、その分子配列は、図6に破線矢印で示したように、後面から前面に向かい、前側から見て右回りに捩じれている。

【0102】この捩れ位相板22は、その前面（反射偏光板19に対向する面）における分子配列方向22aを、前記反射偏光板19の反射軸19sとほぼ平行にして配置されている。

【0103】すなわち、前記捩れ位相板22は、図6に示したように、前面における分子配列方向22aを、画面の横軸xに対し、前側から見て右回りに $10^\circ \pm 10^\circ$ の方向に向け、後面における分子配列方向22bを、前記横軸xに対し、前側から見て左回りに $53^\circ \pm 10^\circ$ の方向に向けて配置されている。

【0104】この捩れ位相板22は、バックライト14の導光板15の入出射面15bから出射して前記反射偏光板19により後側に反射された照明光の偏光状態を、

その照明光が前記反射偏光板19とバックライト14の反射板16との間を1回往復する間の前記捩れ位相板22の2回の透過により、偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光に変化させ、前記反射偏光板19にその前側から入射してこの反射偏光板19を透過した外部入射光の偏光状態を、前記反射偏光板19と前記反射板16との間を2回往復する間の前記捩れ位相板22の4回の透過により、前記反射偏光板19を透過したときの偏光状態の光に戻す。

【0105】この実施例の液晶表示装置の光の透過経路を説明すると、外光を利用する反射表示のときは、表示の観察側である前側から入射し、液晶表示素子1の前側吸収偏光板11と光学補償板13と液晶セル2とを透過して後側吸収偏光板12に入射した外部入射光のうち、前記後側吸収偏光板12の吸収軸（図示せず）に沿った偏光成分の光が、上記第1の実施例と同様に前記後側吸収偏光板12により吸収され、その画素領域の表示が暗表示になる。

【0106】一方、前記後側吸収偏光板12の透過軸12aに沿った偏光成分の外部入射光は、その透過経路を図5に実線で示したように、前記後側吸収偏光板12を透過してその後側に出射し、拡散層18により拡散され、透過軸19pを前記後側吸収偏光板12の透過軸12aとほぼ平行にして配置された反射偏光板19を透過して捩れ位相板22に入射する。

【0107】前記捩れ位相板22に入射した外部入射光（反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の直線偏光）は、この捩れ位相板22により偏光状態を変えられ、円偏光となって前記捩れ位相板22の後側に出射する。

【0108】前記捩れ位相板22の後側に出射した外部入射光（円偏光）は、バックライト14の反射板16により反射されて前記捩れ位相板22を再び透過し、前記反射偏光板19を透過して前記捩れ位相板22にその前側から入射した外部入射光（反射偏光板19の透過軸19pに沿った直線偏光）に対して偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光、つまり前記反射偏光板19の反射軸19sに沿った直線偏光に変化して前記反射偏光板19にその後側から入射する。

【0109】そのため、このときは、前記バックライト14の反射板16により反射され、捩れ位相板22を再び透過して前記反射偏光板19にその後側から入射した外部入射光は、前記反射偏光板19により後側に反射される。

【0110】この反射偏光板19により後側に反射された外部入射光（反射偏光板19の反射軸19pに沿った直線偏光）は、前記捩れ位相板22を透過して再び円偏光となり、再びバックライト14の反射板16により反射される。

【0111】前記反射板16により再反射された外部入

射光（円偏光）は、前記捩れ位相板22を再び透過し、前記反射偏光板19により反射されて前記捩れ位相板22にその前側から入射した外部入射光（反射偏光板19の反射軸19pに沿った直線偏光）に対して偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光、つまり前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った直線偏光に変化して前記反射偏光板19にその後側から入射し、この反射偏光板19を透過してその前側に出射する。

【0112】前記反射偏光板19を透過してその前側に出射した外部入射光は、拡散層18により拡散されて前記液晶表示素子1にその後側から入射し、その光が、後側吸收偏光板12と液晶セル2と光学補償板13と前側吸收偏光板11とを順に透過して前記液晶表示素子1の前側に出射し、その画素領域の表示が明表示になる。

【0113】すなわち、外光を利用する反射表示のときは、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子1を透過してその後側に出射した外部入射光が、前記反射偏光板19を透過してこの反射偏光板19とバックライト14の反射板16との間を2回往復し、その間に前記捩れ位相板22の4回の透過により前記反射偏光板19を透過したときの偏光状態の光に戻り、その光が前記反射偏光板19を透過して前記液晶表示素子1にその後側から入射し、この液晶表示素子1を透過して前側に出射する。

【0114】そして、この実施例では、前記反射偏光板19を、その透過軸19pを前記液晶表示素子1の後側吸收偏光板12の透過軸12aをほぼ平行にして配置しているため、前記液晶表示素子1を透過してその後側に出射した外部入射光（後側吸收偏光板12の透過軸12aに沿った偏光成分の直線偏光）を、ほとんどロスすることなく前記反射偏光板19を透過させてその後側に出射させるとともに、前記反射偏光板19とバックライト14の反射板16との間を2回往復し、前記反射偏光板19を透過して前記液晶表示素子1にその後側から入射する外部入射光も、ほとんどロスすることなく前記後側吸收偏光板12を透過させて液晶セル2に入射させることができる。

【0115】そのため、この実施例の液晶表示装置は、液晶表示素子1とバックライト14の導光板15との間に前記反射偏光板19と捩れ位相板22を配置したものであるが、反射表示のときの画面の明るさを、上述した第1の実施例の液晶表示装置とほとんど変わらない明るさにすることができる。

【0116】また、照明光を利用する透過表示のときは、前記バックライト14の導光板15の入出射面15bから出射した照明光が、前記捩れ位相板22を透過して前記反射偏光板19にその後側から入射する。なお、前記導光板15の入出射面15bから出射する照明光は非偏光の光であり、前記捩れ位相板22を透過してもその偏光状態は変わらない。

【0117】そして、前記反射偏光板19にその後側から入射した照明光のうち、前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の光は、この反射偏光板19を透過してその後側に出射する。

【0118】一方、前記反射偏光板19の反射軸19sに沿った偏光成分の光は、その透過経路を図5に破線で示したように、前記反射偏光板19により後側に反射され、捩れ位相板22に入射する。

【0119】前記捩れ位相板22に入射した照明光（反射偏光板19の反射軸19sに沿った偏光成分の直線偏光）は、この捩れ位相板22により常光と異常光との間に1/4波長の位相差を与えられ、円偏光となって捩れ位相板22の後側に出射する。

【0120】前記捩れ位相板22の後側に出射した照明光（円偏光）は、バックライト14の反射板16により反射されて前記捩れ位相板22を再び透過し、前記反射偏光板19を透過して前記捩れ位相板22にその後側から入射した照明光（反射偏光板19の反射軸19sに沿った直線偏光）に対して偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光、つまり前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った直線偏光に変化して前記反射偏光板19にその後側から入射し、この反射偏光板19を透過してその後側に出射する。

【0121】すなわち、照明光を利用する透過表示のときは、バックライト14の導光板15の入出射面15bから出射した照明光のうち、前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の光が、この反射偏光板19を透過してその後側に出射するとともに、前記反射偏光板19の反射軸19sに沿った偏光成分の光が、この反射偏光板19により後側に反射されてこの反射偏光板19と前記バックライト14の反射板16との間を1回往復し、その間に前記捩れ位相板22の2回の透過により偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光に変化して前記反射偏光板19にその後側から入射し、この反射偏光板19を透過してその後側に出射する。

【0122】そのため、前記バックライト14の導光板15の入出射面15bから出射した照明光のほとんどが、前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の直線偏光として前記反射偏光板19の前側に出射する。

【0123】前記反射偏光板19の前側に出射した照明光は、拡散層18により拡散されて液晶表示素子1にその後側から入射し、その後側吸收偏光板12によりその吸収軸に沿った偏光成分の光を吸収され、前記後側吸收偏光板12の透過軸12aに沿った直線偏光となって液晶セル2に入射する。

【0124】このときも、前記反射偏光板19の透過軸19pと前記液晶表示素子1の後側吸收偏光板12の透過軸12aとがほぼ平行であるため、前記反射偏光板19を透過して前記液晶表示素子1にその後側から入射し

た照明光のほとんどを、ロスすることなく前記後側吸收偏光板12を透過させて液晶セル2に入射させることができる。

【0125】そして、前記液晶セル2に入射した照明光は、この液晶セル2を透過し、さらに光学補償板13を透過して前側吸收偏光板11に入射し、その光のうち、前記前側吸收偏光板11の吸收軸に沿った偏光成分の光がこの吸收偏光板11により吸収されてその画素領域の表示が暗表示になり、前記前側吸收偏光板11の透過軸11aに沿った偏光成分の光がこの偏光板11を透過して前側に出射し、その画素領域の表示が明表示になる。

【0126】この実施例の液晶表示装置によれば、照明光を利用する透過表示のときに、前記バックライト14の導光板15の入出射面15bから出射した照明光のほとんどが、前記反射偏光板19の透過軸19pに沿った偏光成分の直線偏光となって前記反射偏光板19の前側に出射し、その照明光をほとんどロスすることなく液晶表示素子1の後側吸收偏光板12を透過させて液晶セル2に入射するため、照明光の利用効率が100%に近く、したがって、上記第1の実施例の液晶表示装置に比べ、前記バックライト14から出射させる照明光の輝度をあまり高くしなくとも充分な明るさの画面を得ることができるとともに、上述したように、反射表示のときの画面の明るさを、第1の実施例の液晶表示装置とほとんど変わらない明るさにすることができる。

【0127】なお、前記捩れ位相板22は、上記実施例のように、分子配列の捩れ角θと、リタデーションの値Reとを、 $\theta = 63^\circ \pm 5^\circ$ 、 $Re = 195 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ に設定したものが最も好ましいが、この捩れ位相板22の分子配列の捩れ角θと、リタデーションの値Reは、 $\theta = 190^\circ \pm 10^\circ$ 、 $Re = 583 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ または $\theta = 318^\circ \pm 15^\circ$ 、 $Re = 972 \text{ nm} \pm 15 \text{ nm}$ に設定してもよく、その場合も、捩れ位相板をその前面における分子配向方向を前記反射偏光板の反射軸とほぼ平行にして配置することにより、上記実施例と同等の効果を得ることができる。

【0128】また、上記第2および第3の実施例では、反射偏光板19とバックライト14も導光板15との間に配置する光学手段20を、 $\lambda/4$ 位相板21または捩れ位相板22としているが、前記光学手段20は、前記導光板15の入出射面15bから出射して前記反射偏光板19にその後側から入射した照明光のうち、前記反射偏光板19により後側に反射され、この反射偏光板19と前記バックライト14の反射板16との間を往復する照明光を、前記反射偏光板19と前記反射板16との間を奇数回往復する間に、前記反射偏光板19を透過する偏光状態の光に変換して前記反射偏光板19に入射させ、前記反射偏光板19にその前側から入射してこの反射偏光板19を透過し、前記反射偏光板19と前記反射板16との間を往復する外部入射光を、前記反射偏光板

19と前記反射板16との間を偶数回往復する間に、前記反射偏光板19を透過したときの偏光状態の光に戻して前記反射偏光板19に入射させるものであれば、他の光学フィルムでもよい。

【0129】その場合も、照明光の利用効率を高くし、バックライトから出射させる照明光の輝度をあまり高くしなくても充分な明るさの画面を得ることができるとともに、反射表示のときの画面の明るさも確保することができる。

【0130】また、上記第1～第3の実施例では、拡散層18を、前記液晶表示素子1の後側基板4の外面に貼付けているが、前記拡散層18は、バックライト14の導光板15の入出射面15bに貼付けてもよい。

【0131】さらに、前記拡散層18は、バックライト14の反射板15よりも前側で、液晶表示素子1の前側吸收偏光板11よりも後側であれば、前記導光板15の後面とその後側の反射板16との間、液晶表示素子1の後側基板4と後側吸收偏光板12との間、前記液晶表示素子1の前側基板4と光学補償板13との間、前記光学補償板13と前側吸收偏光板12との間、反射偏光板19と $\lambda/4$ 位相板21または捩れ位相板22との間等の任意の箇所に配置してもよい。

【0132】また、前記拡散層18は、散乱フィラーを分散させた粘着剤により形成し、その拡散層により前後の部材（例えは反射偏光板19と $\lambda/4$ 位相板21または捩れ位相板22）を貼合せてもよい。

【0133】また、上記第1～第3の実施例の液晶表示装置は、STN型の単純マトリックス液晶表示素子1を用いたものであるが、液晶表示素子は、液晶分子のツイスト角をほぼ90°としたTN型のものでもよく、また、単純マトリックス型に限らず、アクティブマトリックス型のものでもよい。

【0134】

【発明の効果】この発明の液晶表示装置は、液晶表示素子の背後に、入射端面と、前記入射端面からの入射光を出射しかつ前記液晶表示素子を透過した光を入出射させる入出射面とを有し、前記液晶表示素子の背後に配置された導光板と、前記導光板の後側に設けられた反射板と、前記導光板の入射端面に対向させて設けられた光源となり、表示の観察側である前側から入射し、前記液晶表示素子を透過してその後側に出射した外部入射光を前記導光板を透過させて前記反射板により前記液晶表示素子に向けて反射するとともに、前記光源からの照明光を前記導光板により導いてその入出射面から前記液晶表示素子に向けて出射するバックライトを配置したものであるため、外光を利用する反射表示のときの液晶表示素子を透過した光の反射率と、照明光を利用する透過表示のときの前記液晶表示素子への光の入射率をいずれも高くし、反射表示のときも透過表示のときも明るい表示を得ることができる。

【0135】この発明の液晶表示装置は、前記液晶表示素子と前記バックライトの導光板との間に、入射光の互いに直交する2つの偏光成分のうち、一方の偏光成分を反射する反射軸と、他方の偏光成分を透過させる透過軸とをもち、前記透過軸を前記液晶表示素子の後側吸收偏光板の透過軸とほぼ平行にして配置された反射偏光板と、この反射偏光板と前記導光板との間に配置され、透過光の偏光状態を変化させる光学手段とをさらに備え、前記光学手段が、前記導光板の出入射面から出射して前記反射偏光板にその後側から入射した照明光のうち、前記反射偏光板により後側に反射され、この反射偏光板と前記バックライトの反射板との間を往復する照明光を、前記反射偏光板と前記反射板との間を奇数回往復する間に、前記反射偏光板を透過する偏光状態の光に変換して前記反射偏光板に入射させ、前記反射偏光板にその前側から入射してこの反射偏光板を透過し、前記反射偏光板と前記反射板との間を往復する外部入射光を、前記反射偏光板と前記反射板との間を偶数回往復する間に、前記反射偏光板を透過したときの偏光状態の光に戻して前記反射偏光板に入射させる光学フィルムからなっている構成のものが好ましく、このような構成とすることにより、照明光の利用効率を100%に近くし、バックライトから出射させる照明光の輝度をあまり高くしなくとも充分な明るさの画面を得ることができるとともに、反射表示のときの画面の明るさも確保することができる。

【0136】その場合、前記光学フィルムは、透過光の常光と異常光との間に1/4波長の位相差を与える $\lambda/4$ 位相板、あるいは、分子が一方の面から他方の面に向かって揃れて配列した揃れ位相板が好ましい。

【0137】前記光学フィルムを前記 $\lambda/4$ 位相板とする場合は、この $\lambda/4$ 位相板を、その遅相軸を反射偏光板の反射軸に対しほぼ45°の角度で交差させて配置し、前記反射偏光板により後側に反射された照明光の偏光状態を、その照明光が前記反射偏光板とバックライトの反射板との間を1回往復する間に前記 $\lambda/4$ 位相板の2回の透過により、偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光に変化させ、前記反射偏光板にその前側から入射してこの反射偏光板を透過した外部入射光の偏光状態を、前記反射偏光板と前記反射板との間を2回往復する間に前記 $\lambda/4$ 位相板の4回の透過により、前記反射偏光板を透過したときの偏光状態の光に戻すようにすればよく、このようにすることにより、照明光の利用効率を100%に近くし、バックライトから出射させる照明光の輝度をあまり高くしなくとも充分な明るさの画面を得ることができるとともに、反射表示のときの画面の明るさも確保することができる。

【0138】また、前記光学フィルムを前記揃れ位相板とする場合は、この揃れ位相板を、その前面における分子配向方向を前記反射偏光板の反射軸とほぼ平行にして配置し、前記反射偏光板により後側に反射された照明光

の偏光状態を、その照明光が前記反射偏光板とバックライトの反射板との間を1回往復する間に前記揃れ位相板の2回の透過により、偏光の振動面がほぼ90度異なる偏光状態の光に変化させ、前記反射偏光板にその前側から入射してこの反射偏光板を透過した外部入射光の偏光状態を、前記反射偏光板と前記反射板との間を2回往復する間に前記揃れ位相板の4回の透過により、前記反射偏光板を透過したときの偏光状態の光に戻すようにすればよい。

【0139】前記揃れ位相板は、その分子配列の揃れ角 θ と、リタデーションの値 R_e が、 $\theta = 63^\circ \pm 5^\circ$ 、 $R_e = 195 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$ 、 $\theta = 190^\circ \pm 10^\circ$ 、 $R_e = 583 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ 、 $\theta = 318^\circ \pm 15^\circ$ 、 $R_e = 972 \text{ nm} \pm 15 \text{ nm}$ のいずれかに設定されているものが好ましく、このような揃れ位相板を用いることにより、照明光の利用効率を100%に近くし、バックライトから出射させる照明光の輝度をあまり高くしなくとも充分な明るさの画面を得ることができるとともに、反射表示のときの画面の明るさも確保することができる。

【0140】また、この発明の液晶表示装置においては、前記バックライトの反射板よりも前側で、前記液晶表示素子の前側吸收偏光板よりも後側の任意の箇所に、拡散層を設けるのが好ましく、この拡散層を設けることにより、外光を利用する反射表示のときも、バックライトからの照明光を利用する透過表示のときも、前記拡散層18により拡散された均一な輝度分布の光を前側に出射し、輝度むらの無い良好な表示を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施例を示す液晶表示装置の一部分の断面図。

【図2】第1の実施例における液晶表示素子の液晶セルの液晶分子の配向状態と前後の吸收偏光板の透過軸方向および光学補償板の分子配列状態を示す図。

【図3】この発明の第2の実施例を示す液晶表示装置の一部分の断面図。

【図4】第2の実施例における液晶表示素子の液晶セルの液晶分子の配向状態と前後の吸收偏光板の透過軸方向および光学補償板の分子配列状態と、前記液晶表示素子とバックライトの導光板との間に配置された反射偏光板および $\lambda/4$ 位相板の軸方向を示す図。

【図5】この発明の第3の実施例を示す液晶表示装置の一部分の断面図。

【図6】第3の実施例における液晶表示素子の液晶セルの液晶分子の配向状態と前後の吸收偏光板の透過軸方向および光学補償板の分子配列状態と、前記液晶表示素子とバックライトの導光板との間に配置された反射偏光板および揃れ位相板の軸方向を示す図。

【符号の説明】

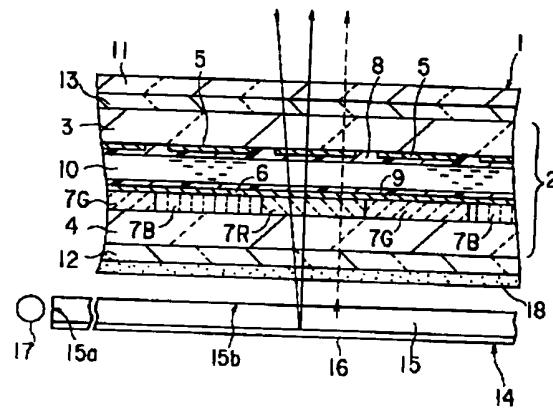
1…液晶表示素子

2…液晶セル

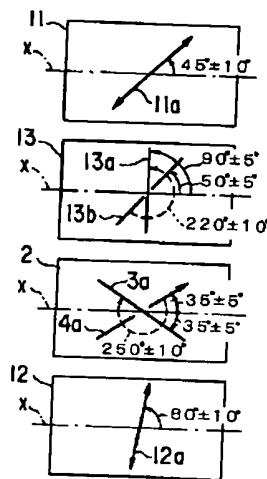
3, 4 … 基板
 5, 6 … 電極
 10 … 液晶層
 11, 12 … 吸收偏光板
 13 … 光学補償板
 14 … バックライト
 15 … 導光板
 15a … 入射端面
 15b … 入出射面
 16 … 反射板
 17 … 光源

18 … 拡散層
 19 … 反射偏光板
 19s … 反射軸
 19p … 透過軸
 20 … 光学手段
 19 … 反射偏光板
 21 … $\lambda/4$ 位相板
 21a … 遅相軸
 22 … 振れ位相板
 22a … 振れ位相板の前面における分子配列方向

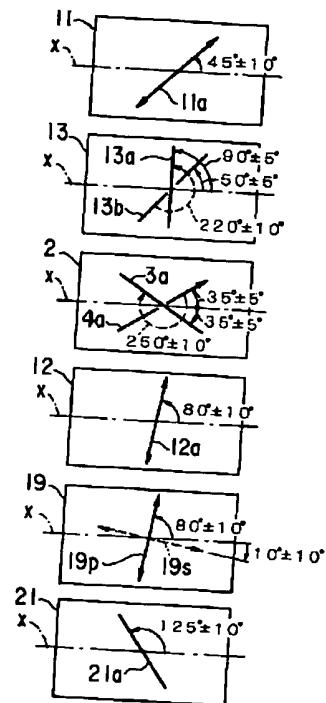
【図1】



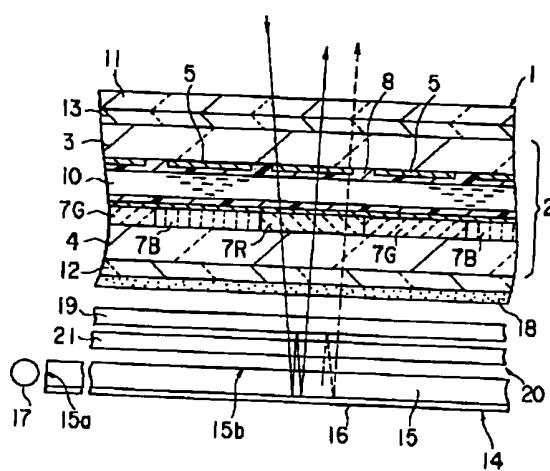
【図2】



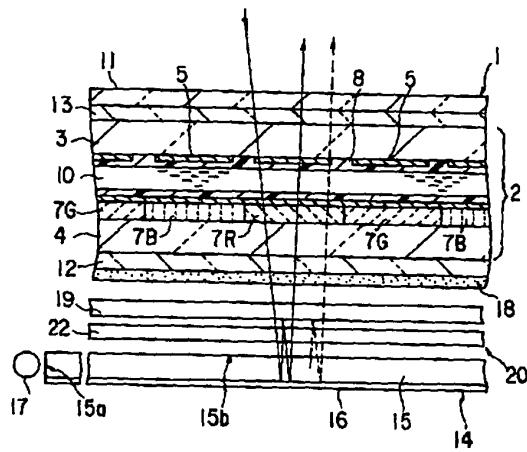
【図4】



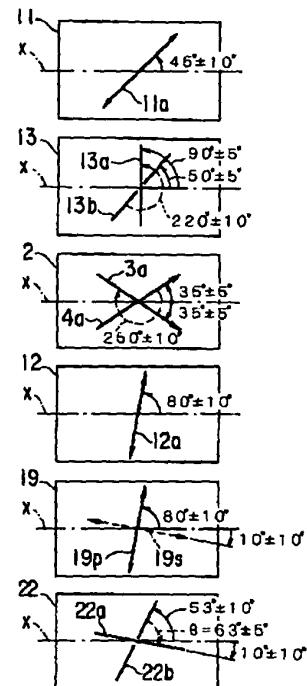
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 東山 浩
東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内

(72)発明者 斎藤 洋志美
東京都八王子市石川町2951番地の5 カシ
オ計算機株式会社八王子研究所内
Fターム(参考) 2H091 FA08X FA08Z FA11Z FA14Z
FA23Z FA32Z FD08 FD09
FD10 KA02 LA16 LA18

(19) Japan Patent Office (JP)
(12) Publication of Patent Application (A)
(11) Publication Number of Patent Application: 98963/2002
(43) Date of Publication of Application: April 5, 2002
(51) Int. Cl.⁷ :

G 02 1/13357

1/1335

1/13363

Identification Number:

510

520

FI

G 02F 1/1335 510

520

1/13363

1/1335 530

Theme code (reference)

2H091

Request for Examination: not made

Number of Claims: 6 OL (15 pages in total)

(21) Application Number 2000-292610 (P2000-292610)

(22) Application Date: September 26, 2000

(71) Applicant: 000001443

Casio Computer Co., Ltd.

1-6-2, Honcho, Shibuya-ku, Tokyo

(72) Inventors: NISHINO Toshiharu, SUZUKI Takeshi,
HIGASHIYAMA Hiroshi, SAITO Youshimi
c/o Hachioji Research Lab.,
Casio Computer Co., Ltd.
2951-5, Ishikawa-cho, Hachioji-shi, Tokyo

(74) Agent: 100058479
Patent Attorney, SUZUE Takehiko (others 5)

(54) Title: LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57) Abstract

[Problem] To provide a reflection/transmission type liquid crystal display device, which may obtain a bright display both in reflection display and in transmission display by heightening both the reflectance of light which has transmitted a liquid crystal display element in reflection display using external light and the coefficient of incidence of light to the liquid crystal display element in transmission display using illuminating light.

[Means for Resolution] A backlight 14 is disposed at the back of the liquid crystal element 1. The backlight 14 includes a light guide plate 15 having an incident end face 15a and an incident/outgoing plane 15b for emitting the incident light from the incident end face 15a and making the light transmitting the liquid crystal display element 1 enter to be emitted, a reflector 16 provided at the back thereof, and a light source 17 disposed opposite to the incident end face 15a of the light

guide plate 15, wherein external incident light which has entered from the front, the observation side of a display, and has transmitted the liquid crystal display element 1 to be emitted to the backside is transmitted through the light guide plate 15 and reflected by the reflector 16, and illuminating light from the light source 17 is guided to the light guide plate 15 to be emitted from the incident/outgoing plane 15b.

Claims:

1. A display device, comprising:

a liquid crystal display element including a liquid crystal cell where an electrode is provided on the inner surfaces of a pair of front and back substrates disposed opposite to each other and a liquid crystal layer where liquid crystal molecules are arrayed to twist at a designated twist angle is provided between the substrates, and a front absorption sheet polarizer and a back absorption sheet polarizer which are provided on the front and back of the liquid crystal cell, respectively, with the transmission axis pointing in a designated direction; and

a backlight including a light guide plate having an incident end face and an incident/outgoing plane for emitting incident light from the incident end face and making the incident light from the front enter to be emitted, the incident/outgoing plane being disposed opposite to the back of the liquid crystal display element, a reflector provided

on the backside of the light guide plate, and a light source provided opposite to the incident end face of the light guide plate, which is adapted to transmit external incident light which has entered from the front which is the observation side of a display, and transmitted the liquid crystal display element to be emitted to the backside thereof through the light guide plate to be reflected toward the liquid crystal display element by the reflector, and guide illuminating light from the light source to the light guide plate to be emitted from the incident/outgoing plane toward the liquid crystal display element.

2. The liquid crystal display device according to claim 1, wherein the liquid crystal display device further comprises: a reflection sheet polarizer having a reflection axis for reflecting one polarized component of two polarized components of incident light intersecting perpendicularly to each other and a transmission axis for transmitting the other polarized component between a liquid crystal display element and a light guide plate of a backlight, and disposed with the transmission axis substantially parallel to the transmission axis of the back absorption sheet polarizer of the liquid crystal display element; and optical means disposed between the reflection sheet polarizer and the light guide plate to vary the polarized state of transmitted light, and

the optical means is formed by an optical film for

converting to the polarized light transmitting the reflection sheet polarizer to enter the reflection sheet polarizer the illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer to reciprocate between the reflection sheet polarizer and a reflector of the backlight out of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane of the light guide plate to enter the reflection sheet polarizer from the backside while it reciprocates between the reflection sheet polarizer and the reflector odd-number times, and returning the external incident light which has entered the reflection sheet polarizer from the front to transmit the reflection sheet polarizer and reciprocate between the reflection sheet polarizer and the reflector to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer to enter the reflection sheet polarizer while it reciprocates between the reflection sheet polarizer and the reflector even number times.

3. The liquid crystal display device according to claim 2, wherein the optical film is formed by a $\lambda/4$ phase plate for giving a retardation of $1/4$ wavelength between ordinary light ray and extraordinary light ray of transmitted light, the $\lambda/4$ phase plate is disposed with its lag axis intersecting at an angle of about 45° to the reflection axis of the reflection sheet polarizer, whereby the polarized state of illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer is

changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° by twice transmitting the $\lambda/4$ phase plate while the illuminating light reciprocates once between the reflection sheet polarizer and the reflector of the backlight, and the polarized state of external incident light which has entered the reflection sheet polarizer from the front and transmitted the reflection sheet polarizer is returned to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer by four times transmitting the $\lambda/4$ phase plate while it reciprocates twice between the reflection sheet polarizer and the reflector.

4. The liquid crystal display device according to claim 2, wherein the optical film is formed by a twist phase plate where molecules are arrayed to twist from one face to the other face, and the twist phase plate is disposed with the molecular orientation direction in the front thereof substantially parallel to the reflection axis of the reflection sheet polarizer, whereby the polarized state of illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer is changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° by twice transmitting the twist phase plate while the illuminating light reciprocates once between the reflection sheet polarizer and the reflector of the backlight, and the polarized state of external incident light which has entered the reflection sheet

polarizer from the front thereof and transmitted the reflection sheet polarizer is returned to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer by four times transmitting the twist phase plate while it reciprocates twice between the reflection sheet polarizer and the reflector.

5. The liquid crystal display device according to claim 4, wherein the twist angle θ of molecular array of the twist phase plate and the value Re of retardation are set to any of $\theta = 63^\circ \pm 5^\circ$, $Re = 195 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$, $\theta = 190^\circ \pm 10^\circ$, $Re = 583 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$, and $\theta = 318^\circ \pm 15^\circ$, $Re = 972 \text{ nm} \pm 15 \text{ nm}$.

6. The liquid crystal display device according to one of claims 1 to 5, wherein a diffusion layer is provided in an arbitrary area in front of the reflector of the backlight and at the back of the absorption sheet polarizer of the liquid crystal display element.

Detailed Description of the Invention:

[0001]

[Technical Field to which the Invention Belongs]

This invention relates to a reflection/transmission type liquid crystal display device adapted to perform both reflection display using external light and transmission display using illuminating light.

[0002]

[Prior Art]

As the liquid crystal display device, the TN (twisted

nematic) type or STN (supertwisted nematic) type has been widely used, including a liquid crystal cell where an electrode is provided on the inner surfaces of a pair of front and back substrates disposed opposite to each other and a liquid crystal layer where liquid crystal molecules are arrayed to twist at a designated twist angle is provided between the substrates, and a front absorption sheet polarizer and a back absorption sheet polarizer which are disposed on the front and back of the liquid crystal cell, respectively, with the transmission axis pointing in a designated direction.

[0003]

As the liquid crystal display devices, cited are the reflection type adapted to perform reflection display using external light which is the light in the working environment, the transmission type adapted to perform transmission display using illuminating light by making the illuminating light enter from the backside, and the reflection/transmission type adapted to perform both the reflection display and the transmission display, and the reflection/transmission type liquid crystal display device is so constructed that a backlight having a function of reflecting light and a function of emitting illuminating light is disposed at the back of the liquid crystal display element.

[0004]

The backlight of the reflection/transmission type liquid

crystal display device heretofore has been formed of a light guide plate having an incident end face and an outgoing plane for emitting the incident light from the incident end face and a light guide plate disposed with the outgoing plane opposite to the rear face of the liquid crystal display element, a light source provided opposite to the incident end face of the light guide plate, and a semi-transmission reflector provided on the front of the outgoing plane of the light guide plate.

[0005]

This type of reflection/transmission type liquid crystal display device is adapted to perform reflection display using external light in the environment where external light having enough brightness can be obtained, and when the device is used in the environment where external light having enough brightness can't be obtained, illuminating light is emitted from the backlight to perform transmission display using the illuminating light. In the reflection display, the light which has entered from the front, which is the observation side of a display, and transmitted the liquid crystal display element to be emitted to the backside in the reflection display is reflected by the semi-transmission reflector, and the reflected light transmits the liquid crystal display element to be emitted forward.

[0006]

On the other hand, in the transmission display,

illuminating light emitted from the light source enters the light guide plate from the incident end face to be guided through the light guide plate and emitted from the outgoing plane. The light emitted from the outgoing plane of the light guide plate transmits the semi-transmission reflector to enter the liquid crystal display element from the backside, and transmits the liquid crystal display element to be emitted forward.

[0007]

This type of reflection/transmission type liquid crystal display device can be used in the environment where external light having enough brightness can't be obtained, and it will be sufficient to emit the illuminating light from the backlight only when the device is used in the environment where external light having enough brightness can't be obtained. Accordingly, power consumption is lower as compared with the transmission type liquid crystal display device adapted to display by always using the illuminating light.

[0008]

[Problems that the Invention is to Solve]

In the conventional reflection/transmission type liquid crystal display device, however, the backlight is constructed as described above, so that in the reflection display using external light, out of the light entering from the front and transmitting the liquid crystal display element to be emitted

to the backside, the light of a quantity corresponding to the reflectance of the semi-transmission reflector is reflected and the remaining light transmits the semi-transmission reflector or is absorbed by the semi-transmission reflector to be wasted.

[0009]

On the other hand, in the transmission display using illuminating light, out of the light emitted from the light source and emitted from the outgoing plane of the light guide plate, the light of a quantity corresponding to the transmittance of the semi-transmission reflector transmits the semi-transmission reflector to enter the liquid crystal display element, and the remaining light is reflected backward by the semi-transmission reflector or absorbed by the semi-transmission reflector to be wasted.

[0010]

Therefore, the conventional reflection/transmission type liquid crystal display device is inferior both in the reflectance of light transmitting the liquid crystal display element in the reflection display using external light and the coefficient of incidence of light to the liquid crystal display element in the transmission display using illuminating light, so that a bright display can't be obtained.

[0011]

Although the brightness of a display in the transmission

display using the illuminating light can be supplemented by heightening the luminance of the illuminating light emitted from the backlight, when illuminating light with high luminance is emitted from the backlight, the power consumption is increased.

[0012]

It is an object of the invention to provide a reflection/transmission type liquid crystal display device, which may obtain a bright display both in a reflection display and a transmission display by heightening both the reflectance of light transmitting a liquid crystal display element in the reflection display using external light and the coefficient of incidence of light to the liquid crystal display element in the transmission display using illuminating light.

[0013]

[Means for Solving the Problems]

According to the invention, a liquid crystal display device is characterized by including a liquid crystal display element formed of a liquid crystal cell where an electrode is provided on the inner surfaces of a pair of front and back substrates disposed opposite to each other and a liquid crystal layer where liquid crystal molecules are arrayed to twist at a designated twist angle is provided between the substrates, and a front absorption sheet polarizer and a back absorption sheet polarizer which are provided on the front and back of

the liquid crystal cell, respectively, with the transmission axis pointing in a designated direction, and a backlight formed by a light guide plate having an incident end face and an incident/outgoing plane for emitting incident light from the incident end face and making the incident light from the front enter to be emitted, the incident/outgoing plane being disposed opposite to the back of the liquid crystal display element, a reflector provided on the backside of the light guide plate, and a light source provided opposite to the incident end face of the light guide plate, which is adapted to transmit external incident light which has entered from the front which is the observation side of a display, and transmitted the liquid crystal display element to be emitted to the backside thereof through the light guide plate to be reflected toward the liquid crystal display element by the reflector, and guide illuminating light from the light source to the light guide plate to be emitted from the incident/outgoing plane toward the liquid crystal display element.

[0014]

The liquid crystal display device is so constructed that the backlight having the above configuration is disposed at the back of the liquid crystal display element, whereby in the reflection display using external light, most of the external incident light entering from the front, which is the observation side of a display, and transmitting the liquid

crystal display element to be emitted to the backside is reflected by the reflector, and in the transmission display using illuminating light, most of the illuminating light emitted from the light source and emitted from the incident/outgoing plane of the light guide plate can be forced to enter the liquid crystal display element.

[0015]

Thus, according to the liquid crystal display device, a bright display can be obtained both in the reflection display and in the transmission display by heightening both the reflectance of light transmitting the liquid crystal display element in the reflection display using external light, and the coefficient of incidence of light to the liquid crystal display element in the transmission display using the illuminating light.

[0016]

[Mode for Carrying Out the Invention]

The liquid crystal display device of the invention is, as described above, constructed so that at the back of a liquid crystal display element, a backlight is disposed, including a light guide plate having an incident end face and an incident/outgoing plane for emitting incident light from the incident end face and making the light transmitting the liquid crystal display element enter to be emitted, and disposed at the back of the liquid crystal display element, a reflector

provided on the backside of the light guide plate, and a light source provided opposite to the incident end face of the light guide plate, which is adapted to transmit external incident light which has entered from the front which is the observation side of a display, and transmitted the liquid crystal display element to be emitted to the backside thereof through the light guide plate to be reflected toward the liquid crystal display element by the reflector, and guide the illuminating light from the light source to the light guide plate to be emitted from the incident/outgoing plane toward the liquid crystal display element, whereby both the reflectance of light transmitting the liquid crystal display element in the reflection display using external light and the coefficient of incidence of light to the liquid crystal display element in the transmission display using illuminating light are heightened so that a bright display can be obtained both in the reflection display and in the transmission display.

[0017]

According to the invention, preferably the liquid crystal display device further includes a reflection sheet polarizer having a reflection axis for reflecting one polarized component of two polarized components of incident light intersecting perpendicularly to each other and a transmission axis for transmitting the other polarized component between a liquid crystal display element and a light guide plate of

a backlight, and disposed with the transmission axis substantially parallel to the transmission axis of the back absorption sheet polarizer of the liquid crystal display element, and optical means disposed between the reflection sheet polarizer and the light guide plate to vary the polarized state of transmitted light, and the optical means is formed by an optical film for converting to the polarized light transmitting the reflection sheet polarizer to enter the reflection sheet polarizer the illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer to reciprocate between the reflection sheet polarizer and a reflector of the backlight out of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane of the light guide plate to enter the reflection sheet polarizer from the backside while it reciprocates between the reflection sheet polarizer and the reflector odd-number times, and returning the external incident light which has entered the reflection sheet polarizer from the front to transmit the reflection sheet polarizer and reciprocate between the reflection sheet polarizer and the reflector to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer to enter the reflection sheet polarizer while it reciprocates between the reflection sheet polarizer and the reflector even number times.

[0018]

In that case, preferably the optical film is a $\lambda/4$ phase

plate for giving a retardation of $1/4$ wavelength between ordinary ray and extraordinary ray of transmitted light, or a twist phase plate where molecules are arrayed to twist from one face to the other face.

[0019]

In the case where the optical film is the $\lambda/4$ phase plate, it will be sufficient to dispose the $\lambda/4$ phase plate with its lag axis intersecting at an angle of about 45° to the reflection axis of the reflection sheet polarizer, whereby the polarized state of illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer is changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° by twice transmitting the $\lambda/4$ phase plate while the illuminating light reciprocates once between the reflection sheet polarizer and the reflector of the backlight, and the polarized state of external incident light which has entered the reflection sheet polarizer from the front and transmitted the reflection sheet polarizer is returned to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer by four times transmitting the $\lambda/4$ phase plate while it reciprocates twice between the reflection sheet polarizer and the reflector.

[0020]

In the case where the optical film is the twist phase plate, it will be sufficient to dispose the twist phase plate

with the molecular orientation direction in the front thereof substantially parallel to the reflection axis of the reflection sheet polarizer, whereby the polarized state of illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer is changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° by twice transmitting the twist phase plate while the illuminating light reciprocates once between the reflection sheet polarizer and the reflector of the backlight, and the polarized state of external incident light which has entered the reflection sheet polarizer from the front thereof and transmitted the reflection sheet polarizer is returned to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer by four times transmitting the twist phase plate while it reciprocates twice between the reflection sheet polarizer and the reflector.

[0021]

In the twist phase plate, preferably the twist angle θ of molecular array and the value Re of retardation are set to any of $\theta = 63^\circ \pm 5^\circ$, $Re = 195 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$, $\theta = 190^\circ \pm 10^\circ$, $Re = 583 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$, and $\theta = 318^\circ \pm 15^\circ$, $Re = 972 \text{ nm} \pm 15 \text{ nm}$.

[0022]

Further, according to the invention, in the liquid crystal display device, preferably a diffusion layer is provided in an arbitrary area in front of the reflector of the backlight and at the back of the absorption sheet polarizer

of the liquid crystal display element.

[0023]

[Embodiments]

Fig. 1 is a sectional view of a part of a liquid crystal display device showing a first embodiment of the invention, and the liquid crystal display device includes a liquid crystal display element 1 and a backlight 14 disposed at the back of the liquid crystal display element 1 and having a function of reflecting light and a function of emitting illuminating light.

[0024]

The liquid crystal display element 1 is of an STN type, and formed of a liquid crystal cell 2 where transparent electrodes 5, 6 are provided on the inner surfaces of a pair of front and back transparent substrates 3, 4 disposed opposite to each other and a liquid crystal layer 10 where liquid crystal molecules are orientated to twist at a designated twist angle is provided between the substrate 3, 4 and a front absorption sheet polarizer 11 and a back absorption sheet polarizer 12 which are provided on the front and back of the liquid crystal cell 2, respectively, with the transmission axis pointing in a designated direction.

[0025]

The liquid crystal display element 1 is of a simple matrix type, in which the electrode 5 mounted on the inner surface of one substrate of the liquid crystal cell 2 such as the front

substrate 3 is a plurality of scan electrodes formed parallel to each other along the row direction (vertical direction to the paper surface in Fig. 1), and the electrode 6 mounted on the inner surface of the back substrate 4 which is the other substrate is a plurality of signal electrodes formed parallel to each other along the column direction (parallel direction to the paper surface in Fig. 1).

[0026]

This liquid crystal display element 1 displays a multi-color image such as full-color image, and the inner surface of one of the substrates of the liquid crystal cell 2, for example, the back substrate 4, is provided with color filters 7R, 7G, 7B of two or more colors such as red, green and blue corresponding to two or more pixel areas where two or more scan electrodes 5 and signal electrodes 6 are opposite to each other. The color filters 7R, 7G, 7B are formed on the substrate 4, and the signal electrode 6 is formed thereon.

[0027]

Further, the inner surfaces of the paired substrates 3, 4 are provided with orientation films 8, 9 to cover the electrodes 5, 6, and the orientation films 8, 9 are orientated by rubbing the film surface in a designated direction.

[0028]

The paired substrates 3, 4 are jointed to each other at the peripheral edges thereof through a frame-like sealant not

shown, and the liquid crystal layer 10 is provided in an area surrounded with the sealant between the substrates 3, 4.

[0029]

The liquid crystal molecules of the liquid crystal layer 10 are regulated on the orientation direction in the vicinity of the substrates 3, 4 by the orientation films 8, 9, and oriented to twist at a designated twist angle ranging from 180 to 270° between both substrates 3, 4.

[0030]

In this embodiment, the twist angle of liquid crystal molecule of the liquid crystal layer 10 is set to about 250° ± 10°, and the value of $\Delta n d$ (the product of liquid crystal refractive index anisotropy Δn and a liquid crystal layer thickness d) of the liquid crystal display element 1 is set in a range of 900 nm ± 100 nm.

[0031]

The liquid crystal display element 1 is provided with an optical compensator 13 for compensating a band color for the display, improving the contrast and widening the angle of visibility, and the optical compensator 13 is provided between one of the paired substrates 3, 4 of the liquid crystal cell 2 and an absorption sheet polarizer on the substrate side, for example, between the front substrate 3 and the front absorption sheet polarizer 11.

[0032]

The optical compensator 13 is a twist phase plate formed of a high polymer liquid crystal film where molecules are arrayed to twist from one face to the other face in the opposite direction to the twist direction of liquid crystal molecules of the liquid crystal cell 2, and in this embodiment, used is the phase plate having the twist angle of molecular array ranging from $220^\circ \pm 10^\circ$ and the value (phase value) of retardation ranging from 610 nm ± 20 nm.

[0033]

Fig. 2 shows the orientation state of liquid crystal molecules of the liquid crystal cell 2 of the liquid crystal display element 1, the transmission axis direction of front and back absorption sheet polarizers 11, 12 and the molecular array state of the optical compensator 13.

[0034]

As shown in Fig. 2, the liquid crystal molecular orientation direction (the orientation direction of the orientation film 8) in the vicinity of the front substrate 3 of the liquid crystal cell 2 is in a clockwise direction of $35^\circ \pm 5^\circ$ seen from the front to a transversal axis x of a screen, and the liquid crystal molecular orientation direction (orientation direction of the orientation film 9) 4a in the vicinity of the back substrate 3 is in a counterclockwise direction of $35^\circ \pm 5^\circ$ seen from the front to the transversal axis x. As to the liquid crystal molecules of the liquid

crystal layer 10, as indicated by broken line arrows, the twist direction is set to direct from the back substrate 4 to the front substrate 3, and they are orientated to twist at a twist angle of $250^\circ \pm 10^\circ$ in a clockwise direction seen from the front.

[0035]

The front absorption sheet polarizer 11 is disposed with the transmission axis 11a pointing in a counterclockwise direction of $45^\circ \pm 10^\circ$ seen from the front to the transversal axis x, that is, in the direction shifted counterclockwise seen from the front by about 90° to the liquid crystal molecular orientation direction 3a in the vicinity of the front substrate 3 of the liquid crystal cell 2. The back absorption sheet polarizer 12 is disposed with the transmission axis 12a pointing in a counterclockwise direction of $80^\circ \pm 10^\circ$ seen from the front to the transversal axis x.

[0036]

That is, the transmission axis 11a of the front absorption sheet polarizer 11 is shifted in a counterclockwise direction of about 80° ($80^\circ \pm 15^\circ$) seen from the front to the liquid crystal molecular orientation direction 3a in the vicinity of the front substrate 3 of the liquid crystal cell 2. The transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12 is shifted in a counterclockwise direction of about 35° ($35^\circ \pm 15^\circ$) seen from the front to the transmission axis 11a of the front absorption sheet polarizer 11.

[0037]

The optical compensator 13 is a twist phase plate where the molecules are, as indicated by broken line arrows, arrayed to twist at a twist angle of $220^\circ \pm 10^\circ$ in a counterclockwise direction seen from the front (the opposite direction to the twist direction of liquid crystal molecules of the liquid crystal cell 2) pointing from the back to the front, and the optical compensator 13 is disposed with the molecular array direction 13a in the front thereof pointing in a clockwise direction of $90^\circ \pm 5^\circ$ seen from the front to the transversal axis x and with the molecular array direction 13b in the back pointing in a counterclockwise direction of $55^\circ \pm 5^\circ$ seen from the front to the transversal axis x.

[0038]

That is, the optical compensator 13 is disposed with the molecular array direction 13b in the back (face opposite to the liquid crystal cell 2) shifted in a counterclockwise of about 85° ($85^\circ \pm 5^\circ$) seen from the front to the liquid crystal molecular orientation direction 3a in the vicinity of the front substrate 3 of the liquid crystal cell 2, and with the molecular array direction 12a in the front (face opposite to the front absorption sheet polarizer 11) shifted in a counterclockwise direction of about 45° ($45^\circ \pm 15^\circ$) seen from the front to the transmission axis 11a of the front absorption sheet polarizer 11.

[0039]

The backlight 14 disposed at the back of the liquid crystal display element 1 will now be described. The backlight 14 is, as shown in Fig. 1, formed of a light guide plate 15 having an incident end face 15a and an incident/outgoing plane 15b for emitting the incident light from the incident end face 15a and making the incident light from the front enter to be emitted and disposed with the incident/outgoing plane 15b opposite to the back of the liquid crystal display element 1, a reflector 16 provided on the backside of the light guide plate 15 and a light source 17 provided opposite to the incident end face 15a of the light guide plate 15.

[0040]

The light guide plate 15 is a transparent plate made of acrylic resin or the like, one end face of which is taken as the incident end face 15a and the whole front of which is taken as the incident/outgoing plane 15b.

[0041]

The reflector 16 is formed of a metal film of silver or the like with high reflectance, and the reflector 16 is deposited or plated on the back of the light guide plate 15 or stuck to the back of the light guide plate 15.

[0042]

The light source 17 is formed by, for example, an LED (light emitting diode) array and disposed on the side of the

incident end face 15a of the light guide plate 15 opposite to the full length of the incident end face 15a.

[0043]

In the backlight 14, the external incident light (incident light of external light) entering from the front which is the observation side of a display and transmitting the liquid crystal display element 1 to be emitted backward is transmitted through the light guide plate 15 and reflected toward the liquid crystal display element 1 by the reflector 16, and the illuminating light from the light source 17 is guided by the light guide plate 15 to be emitted from the incident/outgoing plane 15b on the front toward the liquid crystal display element 1.

[0044]

The liquid crystal display device includes a diffusion layer 18 for diffusing transmitted light. The diffusion layer 18 is provided between the liquid crystal display element 1 and the light guide plate 15 of the backlight 14. The diffusion layer 18 is formed of a resin film where a scattering filler is dispersed or the like, and stuck to the outside face of the back substrate 4 of the liquid crystal display element 1.

[0045]

The liquid crystal display device is adapted to perform reflection display using external light which is the light in the working environment of the liquid crystal display device

in the environment where external light having enough brightness can be obtained, and when it is used in the environment where external light having enough brightness can't be obtained, illuminating light is emitted from the backlight 14 to perform transmission display using the illuminating light. In the reflection display, the light (external light) entering from the front, which is the observation side of a display is emitted forward through a transmission path indicated by a solid line in Fig. 1, and in the transmission display, the illuminating light from the backlight 14 is emitted forward through a transmission path indicated by a broken line in Fig. 1. Although both in the reflection display and in the transmission display, transmitted light is diffused by the diffusion layer 18, the transmission path of light is simplified for the sake of convenience in the drawing.

[0046]

That is, in the reflection display using external light, out of the external incident light entering from the front, which is the observation side of a display, polarized component light along the absorption axis (not shown) is absorbed by the front absorption sheet polarizer 11 of the liquid crystal display element 1 to become rectilinearly polarized light along the transmission axis 11a of the front absorption sheet polarizer 11, and transmitted through the optical compensator

13 to enter the liquid crystal cell 2.

[0047]

The external incident light entering the liquid crystal cell 2 is subjected to double refraction depending on the orientation state of liquid crystal molecules varied by an electric field applied between the electrodes 5 and 6 of the respective pixel areas in the process of transmitting the liquid crystal cell 2.

[0048]

The external incident light transmitting the liquid cell 2 enters the back absorption sheet polarizer 12, and out of the light, the polarized component light along the absorption axis (not shown) of the back absorption sheet polarizer 12 is absorbed so that the display of the pixel area becomes a dark display.

[0049]

The external incident light of polarized component along the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12 transmits the back absorption sheet polarizer 12 to be emitted backward, and it is diffused by the diffusion layer 18 to enter the light guide plate 15 of the backlight 14 from the incident/outgoing plane 15b of the front.

[0050]

The external incident light entering the light guide plate 15 from the incident/outgoing plane 15b of the front is

transmitted through the light guide plate 15 in the direction of thickness, reflected by the reflector 16 at the back, and again transmitted through the light guide plate 15 in the direction of thickness to be emitted from the incident/outgoing plane 15b at the front.

[0051]

At the time, since the reflector 16 is formed of a metal film of silver or the like with high reflectance, most of the external incident light transmitting the liquid crystal display element 1 to be emitted to the backside is reflected with high reflectance.

[0052]

The external incident light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 is diffused by the diffusion layer 18 to enter the liquid crystal display element 1 from the back, and the light sequentially transmits the back absorption sheet polarizer 12, the liquid cell 2, the optical compensator 13 and the front absorption sheet polarizer 11 to be emitted to the front of the liquid crystal display element 1, so that the display of the pixel area becomes a light display.

[0053]

In the transmission display using illuminating light, the illuminating light emitted from the light source 17 of the backlight 14 enters the light guide plate 15 from the incident

end face 15a to be guided through the light guide plate 15 while refraction is repeated by total reflection at the interface of the incident/outgoing plane 15b of the front of the light guide plate 15 and the outside air (air) and reflection of the reflector 16 at the back of the light guide plate 15 and emitted from the substantially whole area of the incident/outgoing plane 15b.

[0054]

The illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 is diffused by the diffusion layer 18 to enter the liquid crystal display element 1 from the back, and the polarized component light along the absorption axis (not shown) is absorbed by the back absorption sheet polarizer 12 to become linearly polarized light along the transmission axis 12 of the back absorption sheet polarizer 12 and enter the liquid crystal cell 2.

[0055]

The illuminating light entering the liquid crystal cell 2 is subjected to double refraction depending on the orientation state of liquid crystal molecules varied by the electric field applied between the electrodes 5, 6 of the respective pixel areas in the course of transmitting the liquid crystal cell 2.

[0056]

The illuminating light transmitting the liquid crystal

cell 2 transmits the optical compensator 13 to enter the front absorption sheet polarizer 11, and out of the light, the polarized component light along the absorption axis of the front absorption sheet polarizer 11 is absorbed by the absorption sheet polarizer 11 so that the display of the pixel area becomes a dark display, and the polarized component light along the transmission axis 11a of the front absorption sheet polarizer 11 transmits the sheet polarizer 11 to be emitted forward, so that the display of the pixel area becomes a light display.

[0057]

In the liquid crystal display element 1, the inner surface of one substrate (back substrate) 4 of the liquid crystal cell 2 is provided with color filters 7R, 7G, 7B of red, green and blue corresponding to two or more pixel areas, respectively, whereby both in the reflection display using external light, and in the transmission display using illuminating light, the light emitted from the pixel area of the light display is the light colored in the color of the color filter 7R, 7G, 7B corresponding to the pixel area, and a multi-color image such as a full-color image can be displayed by colored light of red, green and blue emitted from the respective pixel areas.

[0058]

As described above, this liquid crystal display device

is constructed so that at the back of a liquid crystal display element 1, the backlight 14 is disposed, including the light guide plate 15 having the incident end face 15a and the incident/outgoing plane 15b for emitting incident light from the incident end face 15a and making the light transmitting the liquid crystal display element 1 enter to be emitted, and disposed at the back of the liquid crystal display element 1, the reflector 16 provided on the backside of the light guide plate 15, and the light source 17 provided opposite to the incident end face 15a of the light guide plate 15, which is adapted to transmit external incident light which has entered from the front which is the observation side of a display, and transmitted the liquid crystal display element 1 to be emitted to the backside thereof through the light guide plate 15 to be reflected toward the liquid crystal display element 1 by the reflector 16, and guide illuminating light from the light source 17 by the light guide plate 15 to be emitted from the incident/outgoing plane 15b toward the liquid crystal display element 1, whereby in the reflection display using the external light, most of the external incident light entering from the front which is the observation side of a display and transmitting the liquid crystal display element 1 to be emitted to the backside thereof can be reflected by the reflector 17, and in the transmission display using the illuminating light, most of the illuminating light emitted from the light source

17 to be emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 can be forced to enter the liquid crystal display element 1.

[0059]

Thus, according to this liquid crystal display device, both the reflectance of light transmitting the liquid crystal display element 1 in the reflection display using the external light and the coefficient of incidence of light to the liquid crystal display element 1 in the transmission display using the illuminating light can be heightened so as to obtain a bright display both in the reflection display and in the transmission display.

[0060]

Further, in the above embodiment, the diffusion layer 18 is provided between the liquid crystal display element 1 and the light guide plate 15 of the backlight 14, whereby both in the reflection display using external light and in the transmission display using the illuminating light from the backlight, light diffused by the diffusion layer 18 to have uniform luminance distribution can be emitted forward to obtain a good display without uneven luminance.

[0061]

Figs. 3 and 4 show a second embodiment of the invention, Fig. 3 is a sectional view of a part of a liquid crystal display device, and Fig. 4 is a diagram showing the orientation state

of liquid crystal molecules of a liquid crystal cell 2 of a liquid crystal display element 1, the transmission axis direction of the front and back absorption sheet polarizers 11, 12, the molecular array state of a twist phase plate 13, the reflection sheet polarizer 19 disposed between the liquid crystal display element 1 and the light guide plate 15 of the backlight 14 and the axial direction of a $\lambda/4$ phase plate 21.

[0062]

The liquid crystal display device of the present embodiment is so constructed that a reflection sheet polarizer 19 and optical means 20 for varying the polarized state of transmitted light are further disposed between a liquid crystal display element 1 and a light guide plate 15 of a backlight 14 in the liquid crystal display device of the above first embodiment, and also in the present embodiment, a diffusion layer 18 is provided on the outside face of a back substrate 4 of the liquid crystal display element 1.

[0063]

The liquid crystal display element 1 and the backlight 14 are the same as those of the first embodiment, and further the orientation state of the liquid crystal molecules of the liquid crystal cell 2 of the liquid crystal display element 1, the transmission axis direction of the front and back absorption sheet polarizers 11, 12 and the molecular array state of the twist phase difference plate 13 are the same as

those of the first embodiment.

[0064]

The reflection sheet polarizer 19 is formed by a multi-layer film where an isotropic thin film (optically isotropic thin film) made of a polyethylene-naphthalate copolymer and an anisotropic thin film (optically anisotropic thin film) are alternately stacked in multi-layer in the same direction so that the refractive index of every anisotropic thin film is maximum, and out of two polarized components of incident light intersecting perpendicularly to each other, the polarizer 19 has a reflection axis 19s for reflecting one polarized component and a transmission axis 19p for transmitting the other polarized component.

[0065]

That is, the reflection sheet polarizer 19 has the reflection axis 19s in the direction where the refractive index of the anisotropic thin film is different from the refractive index of the isotropic thin film, and the transmission axis 19p in the direction (direction intersecting perpendicularly to the reflection axis 19s) where the refractive index of the anisotropic thin film is the same as the refractive index of the isotropic thin film, whereby out of two polarized components of incident light intersecting perpendicularly to each other, the polarized component light having vibration plane along the reflection axis 19s is reflected on the

respective interfaces of a number of isotropic thin films and anisotropic thin films alternately stacked, and the polarized component light having the vibration plane along the transmission axis 19p is not reflected on the interfaces, but transmitted.

[0066]

The reflection sheet polarizer 19 exhibits the same characteristic to the incident light from the front and the incident light from the back, so that out of two polarized components of the incident light intersecting perpendicularly to each other, one polarized component light along the reflection axis 19s is reflected, and the other polarized component light along the transmission axis 19p is transmitted.

[0067]

In the reflection sheet polarizer 19, the transmission axis 19p is disposed substantially parallel to the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12 of the liquid crystal display element 1 between the liquid crystal display element 1 and the light guide plate 15 of the backlight 14.

[0068]

That is, the reflection sheet polarizer 19 is, as shown in Fig. 4, disposed with the reflection axis 19p pointing in a clockwise direction of $10^\circ \pm 10^\circ$ seen from the front to the transversal axis x of a screen, and with the transmission axis 19p pointing in a counterclockwise direction of $80^\circ \pm 10^\circ$ seen

from the front to the transversal axis x.

[0069]

The optical means 20 is disposed between the reflection sheet polarizer 19 and the light guide plate 15.

[0070]

The optical means 20 is formed by an optical film for converting to the polarized light transmitting the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 the illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer 19 to reciprocate between the reflection sheet polarizer 19 and a reflector 16 of the backlight 14 out of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside while it reciprocates between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 odd-number times, and returning the external incident light which has entered the reflection sheet polarizer 19 from the front to transmit the reflection sheet polarizer 19 and reciprocate between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 while it reciprocates between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 even number times.

[0071]

The optical film used in the present embodiment is formed by a $\lambda/4$ phase plate 21 for giving a retardation of $1/4$ wavelength between ordinary light ray and extraordinary light ray of transmitted light, and the $\lambda/4$ phase plate 21 is disposed with its lag axis 21a intersecting at an angle of about 45° to the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19.

[0072]

That is, the $\lambda/4$ phase plate 21 is, as shown in Fig. 4, disposed with the lag axis 21a pointing in a counterclockwise direction of $125^\circ \pm 10^\circ$ seen from the front to the transversal axis x of a screen.

[0073]

The $\lambda/4$ phase plate 21 is adapted to change the polarized state of illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14 and reflected backward by the reflection sheet polarizer 19 to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° by twice transmitting the $\lambda/4$ phase plate 21 while the illuminating light reciprocates once between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 of the backlight 14, and return the polarized state of external incident light which has entered the reflection sheet polarizer 19 from the front and transmitted the reflection sheet polarizer 19 to the light in the polarized

state which has transmitted the reflection sheet polarizer 19 by four times transmitting the $\lambda/4$ phase plate 21 while it reciprocates twice between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16.

[0074]

The transmission path of light in the liquid crystal display device will now be described. In the reflection display using external light, out of the external incident light which has entered from the front, which is the observation side of a display, and transmitted the front absorption sheet polarizer 11, the optical compensator 13 and the liquid crystal cell 2 of the liquid crystal display element 1 to enter the back absorption sheet polarizer 12, the polarized component light along the absorption axis (not shown) of the back absorption sheet polarizer 12 is absorbed by the back absorption sheet polarizer 12 similarly to the first embodiment so that the display of the pixel area becomes a dark display.

[0075]

On the other hand, the external incident light of polarized component along the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12, as the transmission path being indicated by solid lines in Fig. 3, transmits the back absorption sheet polarizer 12 to be emitted to the backside, and diffused by the diffusion layer 18 to transmit the reflection sheet polarizer 19 disposed with the transmission

axis 19p substantially parallel to the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12 and enter the $\lambda/4$ phase plate 21.

[0076]

The external incident light (linearly polarized light of polarized component along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19) entering the $\lambda/4$ phase plate 21 is given a retardation of $1/4$ wavelength between ordinary light ray and extraordinary light ray by the $\lambda/4$ phase plate 21, so that it is emitted as circularly polarized light to the backside of the $\lambda/4$ phase plate 21.

[0077]

The external incident light (circularly polarized light) emitted to the backside of the $\lambda/4$ phase plate 21 is reflected by the reflector 16 of the backlight 14 to again transmit the $\lambda/4$ phase plate 21, and changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° from the external incident light (linearly polarized light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19) transmitting the reflection sheet polarizer 19 to enter the $\lambda/4$ phase plate 21 from the front, that is, the linearly polarized light along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside.

[0078]

Therefore, at that time, the external incident light reflected by the reflector 16 of the backlight 14 to again transmit the $\lambda/4$ phase plate 21 and enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside is reflected backward by the reflection sheet polarizer 19.

[0079]

The external incident light (linearly polarized light along the reflection axis 19p of the reflection sheet polarizer 19) reflected to the backside by the reflection sheet polarizer 19 transmits the $\lambda/4$ phase plate 21 to again become circularly polarized light, and is again reflected by the reflector 16 of the backlight 14.

[0080]

The external incident light (circularly polarized light) re-reflected by the reflector 16 again transmits the $\lambda/4$ phase plate 21. The light is changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° from the external incident light (linearly polarized light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19) reflected by the reflection sheet polarizer 19 to enter the $\lambda/4$ phase plate 21 from the front, that is, the linearly polarized light along the transmission axis 19b of the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside, and transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to

the front.

[0081]

The external incident light transmitting the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to the front is diffused by the diffusion layer 18 to enter the liquid crystal display element 1 from the backside, and the light sequentially transmits the back absorption sheet polarizer 12, the liquid crystal cell 2, the optical compensator 13 and the front absorption sheet polarizer 11 to be emitted to the front of the liquid crystal display element 1, so that the display of the pixel area becomes a light display.

[0082]

That is, in the reflection display using external light, the external incident light entering the front, which is the observation side of a display, and transmitting the liquid crystal display element 1 to be emitted to the backside transmits the reflection sheet polarizer 19 and reciprocates twice between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 of the backlight 14, and in the meantime, the light is returned to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer 19 by four times transmitting the $\lambda/4$ phase plate 21. The light transmits the reflection sheet polarizer 19 to enter the liquid crystal display element 1 from the backside, and transmits the liquid crystal display element 1 to be emitted forward.

[0083]

According to the present embodiment, the reflection sheet polarizer 19 is disposed with the transmission axis 19p substantially parallel to the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12 of the liquid crystal display element 1, whereby the external incident light (linearly polarized light of polarized component along the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12) transmitting the liquid crystal display element 1 to be emitted backward can be transmitted through the reflection sheet polarizer 19 almost without loss to be emitted to the backside, and also the external incident light reciprocating twice between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 of the backlight 14 to transmit the reflection sheet polarizer 19 and enter the liquid crystal display element 1 from the backside can be transmitted through the back absorption sheet polarizer 12 almost without loss to enter the liquid crystal cell 2.

[0084]

Thus, although the reflection sheet polarizer 19 and the $\lambda/4$ phase plate 21 are disposed between the liquid crystal display element 1 and the light guide plate 15 of the backlight 14 in the liquid crystal display device of the present embodiment, the brightness of the screen in the reflection display can be made substantially equal to the brightness in

the first embodiment of the liquid crystal display device.

[0085]

On the other hand, in the transmission display using illuminating light, the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14 transmits the $\lambda/4$ phase plate 21 and enters the reflection sheet polarizer 19 from the backside. The illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 is non-polarized light, so even if it transmits the $\lambda/4$ phase plate 21, the polarized state will not change.

[0086]

Out of the illuminating light entering the reflection sheet polarizer 19 from the backside, the polarized component light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted forward.

[0087]

On the other hand, the polarized component light along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19 is, as the transmission path being indicated by broken lines in Fig. 3, reflected backward with the reflection sheet polarizer 19 to enter the $\lambda/4$ phase plate 21.

[0088]

The illuminating light (linearly polarized light of

polarized component along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19) entering the $\lambda/4$ phase plate 21 is given a retardation of $1/4$ wavelength between ordinary light ray and extraordinary light ray by the $\lambda/4$ phase plate 21 to be emitted as circularly polarized light to the backside of the $\lambda/4$ phase plate 21.

[0089]

The illuminating light (circularly polarized light) emitted to the backside of the $\lambda/4$ phase plate 21 is reflected by the reflector 16 of the backlight 14 to again transmit the $\lambda/4$ phase plate 21, and changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° from the illuminating light (linearly polarized light along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19), which has transmitted the reflection sheet polarizer 19 to enter the $\lambda/4$ phase plate 21 from the front, that is, the linearly polarized light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside, and transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to the front thereof.

[0090]

That is, in the transmission display using illuminating light, out of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the

backlight 14, the polarized component light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to the front, and the polarized component light along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19 is reflected backward by the reflection sheet polarizer 19 to reciprocate once between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 of the backlight 14, and in the meantime, it is changed to the light in the polarized state of making the plane of vibration of polarized light different about 90° by twice transmitting the $\lambda/4$ phase plate 21 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside, and transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted forward.

[0091]

Thus, most of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14 is emitted as linearly polarized light of polarized component along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 to the front of the reflection sheet polarizer 19.

[0092]

The illuminating light emitted to the front of the reflection sheet polarizer 19 is diffused by the diffusion layer 18 to enter the liquid crystal display element 1 from the backside, and the polarized component light along the

absorption axis is absorbed by the back absorption sheet polarizer 12 to enter the liquid crystal cell 2 as the linearly polarized light along the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 2.

[0093]

Also at that time, since the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 and the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12 of the liquid crystal display element 1 are substantially parallel to each other, most of illuminating light transmitting the reflection sheet polarizer 19 and entering the liquid crystal display element 1 from the back can be transmitted through the back absorption sheet polarizer 12 without loss to enter the liquid crystal cell 2.

[0094]

The illuminating light entering the liquid crystal cell 2 transmits the liquid crystal cell 2, and further transmits the optical compensator 13 to enter the front absorption sheet polarizer 11. Out of the light, the polarized component light along the absorption axis of the front absorption sheet polarizer 11 is absorbed by the absorption sheet polarizer 11 so that the display of the pixel area becomes a dark display, and the polarized component light along the transmission axis 11a of the front absorption sheet polarizer 11 transmits the sheet polarizer 11 to be emitted to the front, so that the

display of the pixel area becomes a light display.

[0095]

According to the liquid crystal display device of the present embodiment, in the transmission display using illuminating light, most of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14 becomes linearly polarized light of polarized component along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to the front of the reflection sheet polarizer 19, and most of the illuminating light can be transmitted through the back absorption sheet polarizer 12 of the liquid crystal display element 1 without loss to enter the liquid crystal cell 2. Thus, the utilization of illuminating light is about 100% so that as compared with the liquid crystal display device of the first embodiment, a screen having enough brightness can be obtained without so heightening the luminance of the illuminating light emitted from the backlight 14, and as described above, the brightness of the screen in the reflection display can be made substantially equal to that of the liquid crystal display device of the first embodiment.

[0096]

Figs. 5 and 6 show a third embodiment of the invention. Fig. 5 is a sectional view of a part of the liquid crystal display device, and Fig. 6 is a diagram showing the orientation state

of liquid crystal molecules of a liquid crystal cell 2 of a liquid crystal display element 1, the transmission axis directions of front and back absorption sheet polarizers 11, 12, the molecular array state of a twist phase plate 13, a reflection sheet polarizer 19 disposed between the liquid crystal display element 1 and the light guide plate 15 of the backlight 14, and the axial direction of a twist phase plate 22.

[0097]

According to the present embodiment, the liquid crystal display device is so constructed that a reflection sheet polarizer 19 is disposed between the liquid crystal display element 1 and the light guide device 15 of the backlight 14 in the liquid crystal display device of the first embodiment, and as optical means 20 for changing the polarized state of transmitted light, a twist phase plate 22 is disposed between the reflection sheet polarizer 19 and the light guide plate 15. Also in the present embodiment, a diffusion layer 18 is provided on the outside face of a back substrate 4 of the liquid crystal display element 1.

[0098]

The liquid crystal display element 1 and the backlight 14 are the same as those of the first embodiment, and further the orientation state of liquid crystal molecules of the liquid crystal cell 2 of the liquid crystal display element 1, the

transmission axis directions of the front and back absorption sheet polarizers 11, 12, and the molecular array state of the twist phase plate 13 are the same as those of the first embodiment.

[0099]

The reflection sheet polarizer 19 is the same as that of the second embodiment, and the reflection sheet polarizer 19 is disposed with the transmission axis 19p substantially parallel to the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12 of the liquid crystal display element 1 between the liquid crystal display element 1 and the light guide plate 15 of the backlight 14.

[0100]

The twist phase plate 22 disposed between the reflection sheet polarizer 19 and the light guide plate 15 of the backlight 14 is formed of a high polymer liquid crystal film where the molecules are arrayed to twist from one face to the other face.

[0101]

In the twist phase plate 22 used in the present embodiment, the twist angle θ of molecular array and the value Re of retardation are set to $\theta = 63^\circ \pm 5^\circ$, $Re = 195 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$, and the molecular array is, as indicated by a broken line arrow in Fig. 6, twisted from the back toward the front in a clockwise direction seen from the front.

[0102]

The twist phase plate 22 is disposed with the molecular array direction 22a in the front (face opposite to the reflection sheet polarizer 19) substantially parallel to the reflection axis 19a of the reflection sheet polarizer 19.

[0103]

That is, the twist phase plate 22 is, as shown in Fig. 6, disposed with the molecular array direction 22a in the front pointing in a clockwise direction of $10^\circ \pm 10^\circ$ seen from the front to the transversal axis x of a screen and with the molecular array direction 22b in the back pointing in a counterclockwise of $53^\circ \pm 10^\circ$ seen from the front to the transversal axis x.

[0104]

The twist phase plate 22 is adapted to change the polarized state of illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14 and reflected backward by the reflection sheet polarizer 19 to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° by twice transmitting the twist phase plate 22 while the illuminating light reciprocates once between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 of the backlight 14, and return the polarized state of external incident light which has entered the reflection sheet polarizer 19 from the front and transmitted the reflection sheet polarizer 19 to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet

polarizer 19 by four times transmitting the twist phase plate 22 while it reciprocates twice between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16.

[0105]

The transmission path of light in the liquid crystal display device of the present embodiment will now be described. In the reflection display using external light, out of the external incident light which has entered from the front, which is the observation side of a display, and transmitted the front absorption sheet polarizer 11, the optical compensator 13 and the liquid crystal cell 2 of the liquid crystal display element 1 to enter the back absorption sheet polarizer 12, the polarized component light along the absorption axis (not shown) of the back absorption sheet polarizer 12 is absorbed by the back absorption sheet polarizer 12 similarly to the first embodiment so that the display of the pixel area becomes a dark display.

[0106]

On the other hand, the external incident light of polarized component along the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12, as the transmission path being indicated by solid lines in Fig. 5, transmits the back absorption sheet polarizer 12 to be emitted to the backside, and diffused by the diffusion layer 18 to transmit the reflection sheet polarizer 19 disposed with the transmission axis 19p substantially parallel to the transmission axis 12a

of the back absorption sheet polarizer 12 and enter the twist phase plate 22.

[0107]

The external incident light (linearly polarized light of polarized component along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19) entering the twist phase plate 22 is changed in its polarized state by the twist phase plate 22, so that it is emitted as circularly polarized light to the backside of the twist phase plate 22.

[0108]

The external incident light (circularly polarized light) emitted to the backside of the twist phase plate 22 is reflected by the reflector 16 of the backlight 14 to again transmit the twist phase plate 22, and changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° from the external incident light (linearly polarized light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19), which has transmitted the reflection sheet polarizer 19 to enter the twist phase plate 22 from the front, that is, the linearly polarized light along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside.

[0109]

Therefore, at that time, the external incident light reflected by the reflector 16 of the backlight 14 to again

transmit the twist phase plate 22 and enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside is reflected backward with the reflection sheet polarizer 19.

[0110]

The external incident light (linearly polarized light along the reflection axis 19p of the reflection sheet polarizer 19) reflected to the backside by the reflection sheet polarizer 19 transmits the twist phase plate 22 to again become circularly polarized light, and is again reflected by the reflector 16 of the backlight 14.

[0111]

The external incident light (circularly polarized light) re-reflected by the reflector 16 again transmits the twist phase plate 22. The light is changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° from the external incident light (linearly polarized light along the reflection axis 19p of the reflection sheet polarizer 19) reflected by the reflection sheet polarizer 19 to enter the twist phase plate 22 from the front, that is, the linearly polarized light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside, and transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to the front.

[0112]

The external incident light transmitting the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to the front is diffused by the diffusion layer 18 to enter the liquid crystal display element 1 from the backside, and the light sequentially transmits the back absorption sheet polarizer 12, the liquid crystal cell 2, the optical compensator 13 and the front absorption sheet polarizer 11 to be emitted to the front of the liquid crystal display element 1, so that the display of the pixel area becomes a light display.

[0113]

That is, in the reflection display using external light, the external incident light entering the front, which is the observation side of a display, and transmitting the liquid crystal display element 1 to be emitted to the backside transmits the reflection sheet polarizer 19 and reciprocates twice between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 of the backlight 14, and in the meantime, the light is returned to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer 19 by four times transmitting the twist phase plate 22. The light transmits the reflection sheet polarizer 19 to enter the liquid crystal display element 1 from the backside, and transmits the liquid crystal display element 1 to be emitted forward.

[0114]

According to the present embodiment, the reflection

sheet polarizer 19 is disposed with the transmission axis 19p substantially parallel to the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12 of the liquid crystal display element 1, whereby the external incident light (linearly polarized light of polarized component along the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12) transmitting the liquid crystal display element 1 to be emitted backward can be transmitted through the reflection sheet polarizer 19 almost without loss to be emitted to the backside, and also the external incident light reciprocating twice between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 of the backlight 14 to transmit the reflection sheet polarizer 19 and enter the liquid crystal display element 1 from the backside can be transmitted through the back absorption sheet polarizer 12 almost without loss to enter the liquid crystal cell 2.

[0115]

Thus, although the reflection sheet polarizer 19 and the twist phase plate 22 are disposed between the liquid crystal display element 1 and the light guide plate 15 of the backlight 14 in the liquid crystal display device of the present embodiment, the brightness of the screen in the reflection display can be made substantially equal to the brightness in the first embodiment of the liquid crystal display device.

[0116]

On the other hand, in the transmission display using illuminating light, the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14 transmits the twist phase plate 22 and enters the reflection sheet polarizer 19 from the backside. The illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 is non-polarized light, so even if it transmits the twist phase plate 22, the polarized state will not change.

[0117]

Out of the illuminating light entering the reflection sheet polarizer 19 from the backside, the polarized component light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted forward.

[0118]

On the other hand, the polarized component light along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19 is, as the transmission path being indicated by broken lines in Fig. 5, reflected backward with the reflection sheet polarizer 19 to enter the twist phase plate 22.

[0119]

The illuminating light (linearly polarized light of polarized component along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19) entering the twist phase plate

22 is given a retardation of 1/4 wavelength between ordinary light ray and extraordinary light ray by the twist phase plate 22 to be emitted as circularly polarized light to the backside of the twist phase plate 22.

[0120]

The illuminating light (circularly polarized light) emitted to the backside of the twist phase plate 22 is reflected by the reflector 16 of the backlight 14 to again transmit the twist phase plate 22, and changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° from the illuminating light (linearly polarized light along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19), which has transmitted the reflection sheet polarizer 19 to enter the twist phase plate 22 from the front, that is, the linearly polarized light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside. The light transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to the front thereof.

[0121]

That is, in the transmission display using illuminating light, out of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14, the polarized component light along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19

transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to the front, and the polarized component light along the reflection axis 19s of the reflection sheet polarizer 19 is reflected backward by the reflection sheet polarizer 19 to reciprocate once between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 of the backlight 14, and in the meantime, it is changed to the light in the polarized state of making the plane of vibration of polarized light different about 90° by twice transmitting the twist phase plate 22 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside, and transmits the reflection sheet polarizer 19 to be emitted forward.

[0122]

Thus, most of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14 is emitted as linearly polarized light of polarized component along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 to the front of the reflection sheet polarizer 19.

[0123]

The illuminating light emitted to the front of the reflection sheet polarizer 19 is diffused by the diffusion layer 18 to enter the liquid crystal display element 1 from the backside, and the polarized component light along the absorption axis is absorbed by the back absorption sheet polarizer 12 to enter the liquid crystal cell 2 as the linearly

polarized light along the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12.

[0124]

Also at that time, since the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 and the transmission axis 12a of the back absorption sheet polarizer 12 of the liquid crystal display element 1 are substantially parallel to each other, most of illuminating light transmitting the reflection sheet polarizer 19 and entering the liquid crystal display element 1 from the back can be transmitted through the back absorption sheet polarizer 12 without loss to enter the liquid crystal cell 2.

[0125]

The illuminating light entering the liquid crystal cell 2 transmits the liquid crystal cell 2, and further transmits the optical compensator 13 to enter the front absorption sheet polarizer 11. Out of the light, the polarized component light along the absorption axis of the front absorption sheet polarizer 11 is absorbed by the absorption sheet polarizer 11 so that the display of the pixel area becomes a dark display, and the polarized component light along the transmission axis 11a of the front absorption sheet polarizer 11 transmits the sheet polarizer 11 to be emitted to the front, so that the display of the pixel area becomes a light display.

[0126]

According to the liquid crystal display device of the present embodiment, in the transmission display using illuminating light, most of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14 becomes linearly polarized light of polarized component along the transmission axis 19p of the reflection sheet polarizer 19 to be emitted to the front of the reflection sheet polarizer 19, and most of the illuminating light can be transmitted through the back absorption sheet polarizer 12 of the liquid crystal display element 1 without loss to enter the liquid crystal cell 2. Thus, the utilization of illuminating light is about 100% so that as compared with the liquid crystal display device of the first embodiment 1, a screen having enough brightness can be obtained without so heightening the luminance of the illuminating light emitted from the backlight 14, and as described above, the brightness of the screen in the reflection display can be made substantially equal to that of the liquid crystal display device of the first embodiment.

[0127]

In the twist phase plate 22, as in the above embodiment, most preferably the twist angle θ of molecular array and the value Re of retardation are set to $\theta = 63^\circ \pm 5^\circ$, $Re = 195 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$. The twist angle θ of molecular array of the twist phase plate 22 and the value Re of retardation, however, may be set

to $\theta = 190^\circ \pm 10^\circ$, $Re = 583 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$, and $\theta = 318^\circ \pm 15^\circ$, $Re = 972 \text{ nm} \pm 15 \text{ nm}$. Also in that case, the twist phase plate is disposed with the molecular orientation direction in the front substantially parallel to the reflection axis of the reflection sheet polarizer, whereby the same effect as the above embodiment can be obtained.

[0128]

Although the optical means 20 disposed between the reflection sheet polarizer 19 and the light guide plate 15 of the backlight 14 is the $\lambda/4$ phase plate 21 or the twist phase plate 22 in the second and third embodiments, the optical means 20 may be some other optical film if it is adapted to convert to the polarized light transmitting the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 the illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer 19 to reciprocate between the reflection sheet polarizer 19 and a reflector 16 of the backlight 14 out of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 to enter the reflection sheet polarizer 19 from the backside while it reciprocates between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 odd-number times, and return the external incident light which has entered the reflection sheet polarizer 19 from the front to transmit the reflection sheet polarizer 19 and reciprocate between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector

16 to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer 19 to enter the reflection sheet polarizer 19 while it reciprocates between the reflection sheet polarizer 19 and the reflector 16 even number times.

[0129]

Also in that case, the utilization of illuminating light is heightened, so that a screen having enough brightness can be obtained without so heightening the luminance of the illuminating light emitted from the backlight, and also the brightness of the screen in the reflection display can be secured.

[0130]

Although the diffusion layer 18 is stuck to the outside face of the back substrate 4 of the liquid crystal display element 1 in the first to third embodiments, the diffusion layer 18 may be stuck to the incident/outgoing plane 15b of the light guide plate 15 of the backlight 14.

[0131]

Further, the diffusion layer 18 may be disposed in an arbitrary area such as between the back of the light guide plate 15 and the reflector 16 at the back thereof, between the back substrate 4 of the liquid crystal display element 1 and the back absorption sheet polarizer 12, between the front substrate 4 of the liquid crystal display element 1 and the optical compensator 13, between the optical compensator 13 and the

front absorption sheet polarizer 12, or between the reflection sheet polarizer 19 and the $\lambda/4$ phase plate 21 or the twist phase plate 22 if it is in front of the reflector 15 of the backlight 14 and in the rear of the front absorption sheet polarizer 11 of the liquid crystal display element 1.

[0132]

The diffusion layer 18 may be formed of a pressure sensitive adhesive agent where scattering filler is dispersed, and the front and back members (e.g. the reflection sheet polarizer 19 and the $\lambda/4$ phase plate 21 or the twist phase plate 22) may be stuck to each other with the diffusion layer.

[0133]

Although the liquid crystal display devices of the first to third embodiments adopt an STN type simple matrix liquid crystal display element 1, the liquid crystal display element may be a TN type in which the twist angle of liquid crystal molecules is set about 90°, and it is not limited to the simple matrix type, but the active matrix type may be adopted.

[0134]

[Advantage of the Invention]

According to the invention, in the liquid crystal display device, at the back of the liquid crystal display element, the backlight is disposed, including the light guide plate having the incident end face and the incident/outgoing plane for emitting the incident light from the incident end face and

making the light transmitting the liquid crystal display element enter to be emitted, the reflector provided at the back thereof, and the light source disposed opposite to the incident end face of the light guide plate, wherein external incident light which has entered from the front, the observation side of a display, and has transmitted the liquid crystal display element to be emitted to the backside is transmitted through the light guide plate and reflected toward the liquid crystal element by the reflector, and illuminating light from the light source is guided by the light guide plate to be emitted from the incident/outgoing plane toward the liquid crystal element, whereby both the reflectance of light transmitting the liquid crystal display element in the reflection display using external light and the coefficient of incidence of light to the liquid crystal display element in the transmission display using illuminating light can be heightened, so that a bright display can be obtained both in the reflection display and in the transmission display.

[0135]

According to the invention, preferably the liquid crystal display device further includes the reflection sheet polarizer having a reflection axis for reflecting one polarized component of two polarized components of incident light intersecting perpendicularly to each other and a transmission axis for transmitting the other polarized component between

the liquid crystal display element and the light guide plate of the backlight, and disposed with the transmission axis substantially parallel to the transmission axis of the back absorption sheet polarizer of the liquid crystal display element, and the optical means disposed between the reflection sheet polarizer and the light guide plate to vary the polarized state of transmitted light, and the optical means is formed by the optical film for converting to the polarized light transmitting the reflection sheet polarizer to enter the reflection sheet polarizer the illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer to reciprocate between the reflection sheet polarizer and the reflector of the backlight out of the illuminating light emitted from the incident/outgoing plane of the light guide plate to enter the reflection sheet polarizer from the backside while it reciprocates between the reflection sheet polarizer and the reflector odd-number times, and returning the external incident light which has entered the reflection sheet polarizer from the front to transmit the reflection sheet polarizer and reciprocate between the reflection sheet polarizer and the reflector to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer to enter the reflection sheet polarizer while it reciprocates between the reflection sheet polarizer and the reflector even number times, whereby the utilization of the illuminating light can be made

near 100%, so that a screen having enough brightness can be obtained without so heightening the luminance of the illuminating light emitted from the backlight, and the brightness of the screen in the reflection display can be secured.

[0136]

In that case, preferably the optical film is the $\lambda/4$ phase plate for giving a retardation of $1/4$ wavelength between ordinary light ray and extraordinary light ray of transmitted light, or the twist phase plate where molecules are arrayed to twist from one face toward the other face.

[0137]

In the case where the optical film is the $\lambda/4$ phase plate, it will be sufficient to dispose the $\lambda/4$ phase plate with its lag axis intersecting at an angle of about 45° to the reflection axis of the reflection sheet polarizer, whereby the polarized state of illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer is changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° by twice transmitting the $\lambda/4$ phase plate while the illuminating light reciprocates once between the refletion sheet polarizer and the reflector of the backlight, and the polarized state of external incident light which has entered the reflection sheet polarizer from the front and transmitted the reflection sheet polarizer is returned to

the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer by four times transmitting the $\lambda/4$ phase plate while it reciprocates twice between the reflection sheet polarizer and the reflector whereby the utilization of illuminating light can be made near 100%, so that a screen having enough brightness can be obtained without so heightening the luminance of the illuminating light emitted from the backlight and the brightness of the screen in the reflection display can be secured.

[0138]

In the case where the optical film is the twist phase plate, it will be sufficient to dispose the twist phase plate with its molecule orientation direction on the front substantially parallel to the reflection axis of the reflection sheet polarizer, whereby the polarized state of illuminating light reflected backward by the reflection sheet polarizer is changed to the light in the polarized state of making the vibration plane of polarized light different about 90° by twice transmitting the twist phase plate while the illuminating light reciprocates once between the reflection sheet polarizer and the reflector of the backlight, and the polarized state of external incident light which has entered the reflection sheet polarizer from the front and transmitted the reflection sheet polarizer is returned to the light in the polarized state which has transmitted the reflection sheet polarizer by four times

transmitting the twist phase plate while it reciprocates twice between the reflection sheet polarizer and the reflector.

[0139]

Preferably in the twist phase plate, the twist angle θ of molecular array and the value Re of retardation are set to any of $\theta = 63^\circ \pm 5^\circ$, $Re = 195 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$, $\theta = 190^\circ \pm 10^\circ$, $Re = 583 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$, and $\theta = 318^\circ \pm 15^\circ$, $Re = 972 \text{ nm} \pm 15 \text{ nm}$, and this type of twist phase plate is adopted, whereby the utilization of illuminating light can be made near 100%, so that a screen having enough brightness can be obtained without so heightening the luminance of the illuminating light emitted from the backlight and the brightness of the screen in the reflection display can be secured.

[0140]

According to the invention, in the liquid crystal display device, preferably the diffusion layer is provided in an arbitrary area in front of the reflector of the backlight and in the rear of the front absorption sheet polarizer of the liquid crystal display device, and this type of diffusion layer is thus provided, whereby both in the reflection display using external light and in the transmission display using illuminating light from the backlight, light having uniform luminance distribution, which is diffused by the diffusion layer 18, can be emitted forward to obtain a good display without uneven luminance.

Brief Description of the Drawings:

Fig. 1 is a sectional view of a part of a liquid crystal display device showing a first embodiment of the invention;

Fig. 2 is a diagram showing the orientation state of liquid crystal molecules of a liquid crystal cell of a liquid crystal display element, the transmission axis directions of front and back absorption sheet polarizers and the molecular array state of an optical compensator in the first embodiment;

Fig. 3 is a sectional view of a part of a liquid crystal display device showing a second embodiment of the invention;

Fig. 4 is a diagram showing the orientation state of liquid crystal molecules of a liquid crystal cell of a liquid crystal display element, the transmission axis directions of front and back absorption sheet polarizers, the molecular array state of an optical compensator, a reflection sheet polarizer disposed between the liquid crystal display element and a light guide plate of a backlight, and the axial direction of the $\lambda/4$ phase plate in the second embodiment;

Fig. 5 is a sectional view of a part of a liquid crystal display device showing a third embodiment of the invention; and

Fig. 6 is a diagram showing the orientation state of liquid crystal molecules of a liquid crystal cell of a liquid crystal display element, the transmission axis directions of front and back absorption sheet polarizers, the molecular array

state of an optical compensator, a reflection sheet polarizer disposed between the liquid crystal display element and a light guide plate of a backlight, and the axial direction of the twist phase plate in the third embodiment.

[Description of the Reference Numerals and Signs]

1: liquid crystal display element
2: liquid crystal cell
3, 4: substrate
5, 6: electrode
10: liquid crystal layer
11, 12: absorption sheet polarizer
13: optical compensator
14: backlight
15: light guide plate
15a: incident end face
15b: incident/outgoing plane
16: reflector
17: light source
18: diffusion layer
19: reflection sheet polarizer
19s: reflection axis
19p: transmission axis
20: optical means
19: reflection sheet polarizer
21: $\lambda/4$ phase plate

21a: lag axis

22: twist phase plate

22a: molecular array direction in the front of twist phase plate